
LONDON.






600037348V

DEM GROSSEN ZERGLIEDERER

S. TH. SÖMMERRING

KURF. MAINZ. HOFRATHE ETC.

WIDMET

DIESES PHYSIOLOGISCHE WERK

MIT DANKBARER VEREHRUNG UND FREUNDSCHAFT

F. A. VON HUMBOLDT.

HUMBOLDTS VERSUCHE

ÜBER DIE GEREIZTE

MUSKEL- UND NERVENFASER.

ERSTER BAND.

Bei Heinrich August Rottmann.

VERSUCHE

ÜBER DIE GEREIZTE

MUSKEL- UND NERVENFASER.

ERSTER BAND.

VERSUCHE

ÜBER DIE

GEREIZTE

MUSKEL- UND NERVENFASER

NEBST

VERMUTHUNGEN

ÜBER DEN

CHEMISCHEN PROCESS DES LEBENS

IN DER THIER- UND PFLANZENWELT

VON

FRIEDR. ALEXANDER VON HUMBOLDT.

ERSTER BAND

mit Kupfertafeln.

— alius error eſt praematura atque proterva reductio doctrinarum in artes et methodos, quod cum fit plerumque ſcientia aut parum aut nil proficit.

Baco Verul. de augment. ſcient. lib. I.

POSEN, BEI DECKER UND COMPAGNIE,

UND

BERLIN, BEI HEINRICH AUGUST ROTTMANN.

MDCCLXXXXVII.

Seit mehreren Jahren bin ich bemüht gewesen, einige Erscheinungen der thierischen Materie mit den Gesetzen der todten Natur zu vergleichen. Bei dieser Arbeit sind mir Versuche geglückt, welche der Enthüllung des chemischen Lebensprocesses näher zu führen scheinen. Ein getrenntes thierisches Organ, mit irritablen und sensiblen Fibern versehen, kann in wenigen Secunden aus dem Zustand der tiefsten Unerregbarkeit zur höchsten Reizempfänglichkeit erhoben, und von dieser wieder zu jener herabgestimmt werden. Dieser Wechsel erhöhter und geminderter Lebenskraft ist in einem Nerven vier bis fünfmal, eben so willkürlich hervorzubringen, als die Hand des Künstlers die Saite eines Instruments an- oder abspannt. Ich habe thierische Organe mit oxygenirter Kochsalzsäure, Alkalien, Salpetersäure, Arsenikkalchen, Opium und Alkohol, stundenlang behandelt, und sie traten fast unversehrt aus dem Kampfe der streitenden Elemente heraus. Ich habe gefunden, dass die thierischen Körper ein Vermögen

haben, aus der Entfernung zu wirken, und diesen Wirkungskreis, der mit der Lebenskraft abnimmt, sinnlich darzustellen gesucht. Ich glaube erweisen zu können, dass die Irritabilität der Materie nicht, wie neuere Physiologen wähnen, und meine eigenen Versuche mit Pflanzen zu lehren scheinen, von der Menge des Sauerstoffes allein abhänge, sondern dass das Azote und Hydrogen eine weit wichtigere Rolle dabei spiele, alles aber auf der gemeinsamen Wirkung und dem Antagonismus mehrerer Stoffe beruhe.

Es würde vorsichtiger seyn, diese Versuche noch einige Jahre lang in der Stille zu erweitern, ehe sie dem Publicum vorgelegt werden, wenn nicht andere Arbeiten, welche ich mir vorgesetzt habe, und die Erfahrung, dass manche Erfindung fruchtbarer in der zweiten Hand, als in der des Erfinders selbst geworden ist, mich zu ihrer Bekanntmachung veranlassten. Ich suche daher in den folgenden Blättern die Thatsachen zusammen zu stellen, welche ich bisher gesammelt, und werde mich dabei der Einfachheit des Ausdrucks bedienen, welche der grosse Gegenstand, über den ich meine Vermuthungen wage, verdient. Ich fange von der Erscheinung des Galvanismus an, weil ich durch die Art, wie ich diese Versuche anstellte, unwidersprechlich erweisen zu können glaube, dass der Stimulus in diesem wunderbaren Phänomen grösstentheils von den belebten Organen selbst ausgeht, und dass diese sich dabei keinesweges bloss leidend, etwa als elektroskopische Substanzen, verhalten.

Je langsamer mir die Fortschritte schienen, welche die Lehre vom Muskelreize machte, je wiederholter ich die Klage hörte, dass der Galvanische Versuch nur unter einerlei Bedingungen unabänderlich glükke, desto stärker fühlte ich mich angetrieben, selbst Hand an das Werk zu legen. Seitdem ich bei meinem Aufenthalt in Wien, im Herbste 1792, mit der Entdeckung des Bologner Anatomen bekannt wurde, habe ich mich in Stunden der Musse, trotz meines *beständigen* Reisens, in und ausserhalb Deutschland, ununterbrochen damit beschäftigt. Ich darf daher nicht fürchten, den Physikern einseitige oder übereilte Versuche vorzulegen. Der Galvanische Apparat, ein Paar Metallstäbe, Pincetten, Glastafeln und anatomische Messer sind so bequem (selbst zu Pferde) bei sich zu führen, *) dass ich selten ohne

*) Es giebt Versuche, wie das Wiegen von Gasarten, chemische Zerlegungen und andere, die eine besondere Feinheit und Reinlichkeit der Hülfsmittel, und ein bequemes und ruhiges Zimmer erfordern, um sie genau anzustellen. Dagegen kann über hundert andere Gegenstände der Physik, Meteorologie und Physiologie, ohne sonderlichen Apparat, überall so gründlich experimentirt werden, dass es mir überaus wichtig schiene, junge Leute früh zu einer solchen Thätigkeit und Selbstbehülflichkeit (wenn ich mich des undeutschen Ausdrucks bedienen darf) zu gewöhnen. Wie viele Erscheinungen der Körperwelt bleiben darum ununtersucht, weil viele Reisende nur das untersuchen, was sie mit nach Hause tragen können, weil viele nur an ihrem Schreibtisch, nur mit äusserer Bequemlichkeit arbeiten! Ob dieser Rath wohlverstanden wird, wenn er die Zahl der flüchtigen Versuche vermehrt, mögen die entscheiden, welche langsam und gründlich nicht für synonym halten.

sie reiste. Meine Untersuchung über die Reizempfänglichkeit der Pflanzen, deren Resultate ich vor zwei Jahren *) herausgab, und die ich seitdem eifrigst fortsetzte, machte mir ein gründliches Studium des thierischen Körpers nothwendig. Wenn ich die Vegetabilien auch nicht als Thiere selbst, aber doch als Object einer allgemeinen vergleichenden Physiologie und Anatomie **) betrachte, so ist mir, um nicht, wie weiland Baptista Porta, falsche Analogien aufzustellen, die genaueste Kenntniss der thierischen Stoffe, ihres Mischungsverhältnisses, ihrer Form und davon abhängigen Erregbarkeit (incitabilitas) erforderlich. Je unendlich weiter ich mich aber von dieser Kenntniss entfernt sehe, desto lebhafter bleibt mir das Gefühl, mich diesem Zwecke nähern zu müssen. Vor allen lockte mich der wundersame Bau der menschlichen Organisation an. An keiner andern

*) *Aphorismi ex doctrina physiologiae chemicae plantarum* angehängt an Humbold. *Florae Fribergensis Specimen, plantas cryptogamicas praesertim subterraneas, exhibens. Berol.* 1793. 4. Humboldt's Aphorismen aus der chemischen Physiologie der Pflanzen, aus dem Lateinischen übersetzt von Fischer, mit Anmerkungen von D. Hedwig und Ludwig. Leipz. 1794. und im Auszuge in Gehler's physikal. Wörterbuch Th. 5. S. 692.

**) Diese Wissenschaften sind beide noch fast ganz unbearbeitet. Grundzüge davon finde ich eben in Herrn Reils Archiv für die Physiologie B. 1. H. 1. trefflich entwickelt. Auch John Hunter bemühte sich hie und da, Pflanzen und Thiere unter einen physiologischen Gesichtspunkt zu stellen.

ist man so tief in die Bildung einzelner Theile und ihrer Functionen eingedrungen, an keiner andern scheint die thierische Faser so leise erregbar, an keiner andern ist das Verhältniss eines Wesens gegen die ganze physische und intellectuelle Welt *) so sorgfältig erörtert, an keiner andern sind die Wirkungen der Vorstellungskraft auf Bewegungen in der Materie so sichtbar, als gerade in der menschlichen Organisation. Wer sich daher irgend einem Theile der Naturbeschreibung ernsthaft widmet, sollte jenes Studium nicht vernachlässigen, wäre es auch nur um einzusehen, welche unabsehbare Fülle von Kräften in ein Aggregat irdischer Stoffe zusammengedrängt seyn kann.

Ich habe mich bemüht, bei meinen Versuchen über den Galvanismus von aller Theorie zu abstrahiren, oder vielmehr ich habe diese Versuche so abgeändert, als wenn gerade das Gegentheil der bisher aufgestellten Gesetze des Metallreizes erwiesen werden müsste. Diese Methode schien mir, so lange ich experimentirte, die fruchtbarste zum Erfinden zu seyn. Eine allgemein angenommene Theorie lehrte, dass Pflanzen sich nur im Sonnenlichte über der Erde grün färben, nur in diesem athmen können. Ich experimentirte unter der Erde im Finstern und

*) Herr Hufeland hat dasselbe beim Menschen in pathologischer Hinsicht mit dem ihm eigenen philosophischen Geiste bearbeitet. S. Ideen über Pathogenie und Einfluss der Lebenskraft auf Entstehung der Krankheiten. 1795. S. 14.

fand, dafs alle Vegetabilien (Phaenoſtemonen nemlich) in Stickſtoff- und Waſſerſtoffgas, ohne Sonnenlicht, grün werden und athmen. Ich wollte Herrn Girtanners ſcharfſinnige Theorie über das Oxygen, als Lebensprincip der organiſirten Schöpfung, prüfen. Ich ſtellte einen widerſinnig ſcheinenden Verſuch mit der ſchärfſten oxygenirten Kochſalzſäure an, und fand die Keimkraft der Pflanzenſaamen dadurch ſechsfach vermehrt. — Freilich iſt es dem menſchlichen Geiſte unmöglich, ſich während des Experimentirens aller theoretiſchen Vermuthungen zu enthalten; freilich iſt, wie Darwin ſehr richtig ſagt, das Denken ſelbſt ein Theoretiſiren. Man reiht das Halbgeſehene immer an analoge Erſcheinungen an, und glaubt oft, Gründe in unweſentlichen Nebenbedingungen zu finden. Wohl dem Experimentator aber, den abgeänderte Verſuche von einer Theorie zur andern hinführen, deſſen Vermuthungen nicht früh eine Gewiſsheit erlangen, die von der ferneren Beobachtung zurückſcheucht!

So einfach der Galvaniſche Verſuch auch an ſich iſt, ſo werden doch die folgenden Blätter zeigen, wie lehrreich es ſey, ihn in verwickelten Ketten von excitirenden und leitenden Subſtanzen zu verfolgen. Ich zeichnete daher, was ich hierüber und über Muskelreizbarkeit überhaupt, ſeit drei Jahren, beobachtete, bloſs der Zeitfolge nach, einzeln auf. Meine Beobachtungen häuſten ſich faſt mit jedem Tage, und durch ſehr heterogene Arbeiten zerſtreut

hätte ich nie die öffentliche Bekanntmachung gewagt, wenn nicht einige Männer, welche Deutschland zu seinen ersten Physiologen zählt, mich laut und wiederholt dazu aufgefordert hätten. Ich fing nun selbst fast an, einigen Wehrt auf eine Arbeit zu setzen, die ich bloss zu meinem eigenen Unterrichte unternommen. Auf öden und entlegenen Gebirgen umherziehend, die mich oft von allem litterarischen Verkehr *abschnitten*, hatte ich nur meinem Berufe, *als practischer* Bergmann, und der unmittelbaren Untersuchung der Natur leben können. Ich hatte Jahre lang fort experimentirt, ohne von dem zu hören, was andere indess bekannt machten. So hielt ich zum Beispiel den merkwürdigen Versuch, durch den man Blitze sieht, ohne das Auge zu berühren, und den Georg Hunter zuerst anstellte, lange für meine eigene Erfindung. Fowler's Schrift über die Influenz *) belehrte mich meines Irrthums. Ich fing nun an, alles zu sammeln, was seit Galvanis berühmtem Comment. de viribus electricitatis in motu musculari erschienen war, und mit dem zu vergleichen, was ich selbst früher beobachtet hatte. Ich machte es mir zum Gesetz, nur das in meine Schrift überzutragen, was nach strenger (freilich nicht ohne Aufopferung angestellter) Prüfung ältere Versuche auf eine erweiternde Art zu bestätigen schien,

*) *Experiments and Observations relative to the Influence lately discovered by Mr. Galvani. Edinb.* 1793. S. 85.

oder was ich für neu und unbeobachtet halten durfte. Mein Zweck war nicht, die Erfahrungen anderer Physiker zusammen zu stellen, sondern nur das herauszuheben, was zur Erweiterung einer so erhabenen Wissenschaft, als die Physiologie ist, dienen konnte. Fast am Ziel meiner Arbeit, im Frühjahr 1795 (da schon die Herren Sömmering und Blumenbach einige Blätter meines Manuscripts in Händen hatten) wurde ich durch die Erscheinung der Pfaffischen Schrift über thierische Elektricität und Reizbarkeit auf eine angenehme und unangenehme Art überrascht. Angenehm war die Ueberraschung, weil Herr Pfaff in der Menge eigener Entdeckungen, welche er in dieser trefflichen Arbeit zusammendrängt, in dem ruhigen philosophischen Gange seiner Untersuchung alle seine Vorgänger weit hinter sich zurück läſst, und seine Schrift gleichsam zum Muster in der Behandlung ähnlicher Gegenstände aufgestellt werden kann. Unangenehm war die Ueberraschung hingegen, weil ein solches Muster schwer zu erreichen ist, und weil zufällige Umstände Herrn Pfaff und mich, auf verschiedenen Wegen, zu so übereinstimmenden Resultaten geführt hatten, daſs ich mich nun von neuem zur gänzlichen Umschmelzung meines Buches entschlieſsen muſste. Beinahe die Hälfte meiner Versuche wurde weggestrichen, und mein darauf erfolgter Aufenthalt in der Schweiz und in Italien hinderte mich, den Rest zur Herbstmesse herauszugeben.

Diese neue Zögerung selbst aber war dem Ganzen vortheilhaft. Ungeachtet der Zweck dieser Reise eine mineralogische Untersuchung*) der hohen europäischen Gebirgskette und der wundersamen Uebereinstimmung in ihren Schichtungs- und Lagerungsverhältnissen war, so hatte ich doch mannigfaltige Gelegenheit, auf derselben berühmten Physikern meine neuen Nervenversuche zu zeigen. Die Einwendungen, welche mir bei diesem Experimentiren gemacht wurden, und vor allem häufige Unterredungen mit den Herren Jurine, Pictet, Scarpa, Tralles und Volta berichtigten meine Ideen auf die mannigfachste Weise. Unvergeſslich sind mir die Stunden der Belehrung, welche mir Herr Pictet in Geneve, der Cavaliere Alessandro Volta auf seinem Landsitze zu Como, und Herr Scarpa zu Pavia schenkten. Es ist mir eine süſse Pflicht, diesen groſsen Männern, in denen Fülle der Erfindungskraft, Tiefe des Genies und duldsame Bescheidenheit sich so glücklich zusammen gesellt haben, hier öffentlich meinen Dank darzubringen. Ihre Zweifel haben mich, seit meiner Rückkunft

*) Die Resultate dieser Untersuchung (welche auf ein sonderbares Naturgesetz, auf eine Uebereinstimmung im Fallen der Gebirgsmassen vom Leuchtthurm bei Genua an, bis an die Baltischen Küstenländer führt, und welche zeigt, daſs dieses Fallen sich gar nicht auf die Gestalt und Lage der Gebirgsketten, sondern auf unerkannte Attractionskräfte im Innern des Erdkörpers beziehen) werden, nebst andern geognostischen Beobachtungen über das mittlere Europa, in einer eigenen Schrift erscheinen.

nach Deutschland, zu wichtigen und glücklichen Versuchen veranlasst, und ich glaubte auf keine Ihrer würdigere Art, als durch nutzbare Anwendung ihrer Ideen, Ihnen diesen Dank ausdrücken zu können.

Ich habe gesucht, in der nachstehenden Abhandlung alles zusammen zu drängen, was ich bisher über Reiz und Reizempfänglichkeit der sensiblen und irritablen Fiber beobachtete. Ich fange mit den Galvanischen Versuchen an, nicht als wenn ich diese für den wichtigeren Theil meiner Arbeit hielte, sondern weil sie mich zu den folgenden Beobachtungen leiteten. Da es uninteressant wäre, die Geschichte meiner Versuche weitläuftiger zu entwickeln und es hier blofs auf die Resultate derselben ankommt, so reihe ich dieselben nach ihrem innern Zusammenhange, ohne Zeitfolge, an einander. Allgemeine Bedingungen, unter welchen Muskelbewegungen erfolgen, nach verschiedenen Zuständen der Empfänglichkeit der Organe — Contractionen, durch thierische Leitungen allein, oder durch Metalle und kohlenhaltige Stoffe hervorgebracht — positive und negative Fälle nach bestimmten Gesetzen — Ausdruck derselben durch allgemeine Zeichen, nach Art analytischer Gleichungen — specielle Betrachtung der reizenden und leitenden Substanzen — Wirkung des Nerven als Anthrakoskop — Unterbindung und Zerschneidung desselben — Einströmen des Galvanischen Fluidums

durch nicht cohärirende Theile — fenfible Atmofphäre des Nerven und Beftimmung ihrer Gröffe nach den verfchiedenen Graden der Lebenskraft — Unterfuchung deffen, was im Leiter vorgeht — Anwendung des Galvanifchen Reizes, (deffen Wefen im Vorigen beftimmt ift) auf Menfchen und andere Säugthiere, auf Vögel, Amphibien, Infecten und Würmer, und zwar nach zwei Claffen von Erfcheinungen, Zuckung und Empfindung — Verfuche mit Herznerven und andern unwillkürlichen Muskeln — Erklärungsarten des Galvanifchen Reizes und Anreihung diefer Erfcheinungen — Galvani's elektrifche Flafchentheorie, Volta's Hypothefe und Widerlegung derfelben — Nutzen des Metallreizes in Hinficht auf die erweiterte Kenntnifs der Nerven und Muskelkraft, und auf die praktifche Heilkunde — neue Methode durch den Galvanifchen Verfuch den Zuftand der Reizempfänglichkeit der Organe zu prüfen — Unterfuchung über den fpecififken Reiz der irritabeln und fenfiblen Fiber, und über den Unterfchied zwifchen reizen, ftärken, und Erregbarkeit vermehren — Rückblick auf das Brownfche Syftem von ftheniſcher und afthenifcher Kraft — Wirkung der Alkalien auf die Nerven, der Säuren auf die Muskelfafer, Verfuche mit oxydirtem Arfenik, oxygenirter Kochfalzfäure, aufgelöftem Ammoniak und mit andern chemifchen Subftanzen auf thierifche Organe — Reizempfänglichkeit derfelben im Sonnenlicht, bei verfchiedenen Graden äufserer Temperatur, im

Sauerstoffgas, Stickgas und Wasserstoffgas, und im Zustand der Ruhe — Untersuchung der Frage: ob vermehrte oder verminderte Erregbarkeit in der veränderten Structur der Nerven- und Muskelfasern, oder in Mittheilung eines feinen gasförmigen Stoffs gegründet ist — Vermuthungen über den chemischen Procefs der Vitalität — Stärke der Muskeln und Schwächung derselben — Tod und zwiefacher Zustand der thierischen Faser im Tode — Fäulnifs — Wirkung der Nervenkraft auf dieselbe — Mischungszustand thierischer Stoffe und Einflufs der Lebenskraft auf denselben — Definition belebter und unbelebter Materie und Vermuthungen über den Character thierischer Individualität — das sind die Hauptobjecte, welche in den folgenden Blättern aphoristisch abgehandelt werden. Es wäre leicht gewesen, dieselben durch Zwischenideen und Uebergänge in eine schicklichere Verbindung zu setzen. Auch werden Viele den Mangel derselben, als einen Fehler in der Form dieser Schrift, rügen. Da aber zu den Uebergängen bekannte Beobachtungen wiederholt werden müssen, und zu den wissenschaftlichen Planen, die ich mir vorgesetzt habe, mir meine Musse über alles wichtig ist, so will ich mich lieber jener Rüge unterwerfen, als das Ganze noch mehr ausdehnen.

Viele meiner Versuche sind den bisher bekannten Gesetzen des Muskelreizes so widersprechend, dafs sie leicht den Verdacht des Irrthums oder einsei-

tiger Beobachtung erregen können. Ich merke daher im Allgemeinen an, dafs in den nachstehenden Fragmenten kein wichtiger Versuch enthalten ist, welcher nicht stundenlang, auf wohlgetrockneten Glasplatten, an acht bis zehen verschiedenen Individuen, (meist kalt- und warmblütigen Thieren) vor mehreren erfahrenen, alle Nebenumstände sorgsam prüfenden Zeugen wiederholt worden ist. Diese wahrhafte Versicherung, welche durch die erzählte langsame Entstehung dieser Schrift bewähret wird, schützt mich daher gegen den Einwurf, wodurch man schon manchen Angriff auf physikalische Irrthümer zurückschlug, als sey diese oder jene Erscheinung nur einmal, zufällig, unter unbeachteten Nebenumständen, auf Augenblicke vorgekommen. Ich habe aus meinen Notaten sorgfältig weggelassen, was mir in der Folge zweifelhaft schien. Dennoch befürchte ich, (und ich halte es für Pflicht, es selbst anzuzeigen) vorzüglich in einer Classe von Versuchen Irrthümer begangen zu haben, nemlich in Aufzählung der negativen Fälle, wo keine Empfindung oder Muskelbewegung erfolgen soll. Beide sind Wirkungen eines vorhandenen Reizes; der Reiz kann aber nur bemerkbar wirken, wenn die, seiner Stärke angemessene Reizempfänglichkeit des Organs coexistirt. Ob ich nun gleich mehrere hundert Thiere secirte, so ist es doch sehr wahrscheinlich, dafs ich das Maximum der Erregbarkeit

weder felbft in der Natur gefunden, noch durch meine Behandlung mit alkalifchen Auflöfungen und oxygenirter Kochfalzfäure je künftlich hervorgebracht habe.

Zum Schlufs diefer, nur zu langen Einleitung, wage ich die Bitte, meine geringen Verfuche nicht mit den theoretifchen Muthmafsungen zu vermengen, welche ich mir hier und da einzuftreuen erlaubt habe. Jene ftehen feft, wenn auch diefe, welche ich für ganz unbedeutend halte, längft widerlegt find. Ich trenne daher gern beide von einander, nicht aus Unglauben an eine rationale Naturlehre überhaupt, nicht als gehörte ich zu einer Claffe von Menfchen, die (nach Seneca's Ausfpruch) *tam funt umbratiles, ut putent, in turbido effe, quicquid in luce eft*, fondern weil in den hier bearbeiteten Gegenftänden der Phyfiologie bis jetzt noch genugfame Erfahrungen fehlen, um auch nur mit einiger Zuverficht die Urfachen der Erfcheinungen beftimmen zu können.

Erſter Abſchnitt.

Metallreiz — thieriſche Elektricität. — Galvanismus wirkt nur durch Reaction der ſenſiblen Fiber — ſcheint keine merkbare Nebenwirkung auf unbelebte Stoffe zu haben. — Die Galvaniſchen Erſcheinungen werden durch Stärke des Reizes und Erregbarkeit der Organe modificirt. — Vernachläſsigte Betrachtung der Reizempfänglichkeit. — Zwiefacher Zuſtand der thieriſchen Faſer — natürlich hohe (oder künſtlich erhöhte) und mindere Erregbarkeit.

Die Worte: Metallreiz, (irritamentum metallorum) *) Wirkung der thieriſchen Elektricität, drücken die Erſcheinungen aus, welche Aloyſius Galvani an der, im Muskel inſerirten Nervenfaſer entdeckte. Die letzte Benennung iſt gewagt, **) die erſte unrichtig, nicht bloſs weil Kohlen ſo gut als metalliſche Stoffe zu Excitatoren dienen können, ſondern auch

*) Klein *Diſſ. de met. irritamento veram ad explorandam mortem. Mog.* 94. Sprachrichtiger wäre irritamentum metallicum, wie Herr Sömmering bemerkt.

**) Pfaff. a. a. O. S. 9. Note 206. und 301. Gren im Journ. der Phyſik 92. B. 6. H. 3. S. 408. Volta gebraucht auch den Ausdruck, metalliſche Elektricität. *Giornale Fiſico-medico del D. Brugnatelli* 94. *Agoſto* p. 100.

weil ohne beide, mit blofs thierischen Leitern, heftige Zuckungen erregt werden. Untadelhafter schienen mir die Ausdrücke: Galvanischer Reiz, für die äufsere unbekannte Ursache der Muskelbewegung, Galvanisiren für die Handlung des Reizes selbst, Galvanismus für den Inbegriff aller dabei bemerkbaren Erscheinungen. Ich bediene mich meist dieser Ausdrücke, welche ihre Kürze empfiehlt, bisweilen aber auch der Benennung Metallreiz. Wenn man die Begriffe fest hält, sind solche Kunstwörter gleichgültig. Der grofse Franklin schämte sich nicht, von Glaselektricität zu reden, und die Zoologen wissen recht genau, dafs der Monodon monoceros Linn. zwei Zähne hat. Es ist immer besser, dafs ein Zeichen Facta, *) wenn gleich unvollständig, ausdrückt; als wenn es apodiktisch auf Hypothesen hinweist.

Erregbarkeit ist nur eine Eigenschaft der Thier- und Pflanzenstoffe, ein ausschliefslicher Vorzug der organischen Natur. Die Galvanische Reizung wirkt daher auch nur auf diese bemerkbar, nur auf die, mit der sensiblen Fiber versehene Materie. Sie setzt Reaction der lebendigen Thierkraft voraus, und gehört zu dem, was Herr Hufeland, in seiner vortrefflichen Pathogenie **) vitale Action nennt. Die einfachste Art, Muskelbewegun-

*) Gehler's Phys. Wörterbuch V. S. 293. Das Azote unserer jetzigen Chemie ist auch nicht der einzige lebenraubende Stoff in der unorganischen Natur.

**) Hufeland, a. a. O. S. 19.

gungen durch blofs thierifche, homogene Stoffe zu erregen, fcheint überdiefs zu lehren, dafs die Nervenfafer fich bei der Reizung nicht leidend, wie hygrofkopifche, elektrofkopifche Subftanzen, verhält, fondern dafs alle Thätigkeit von ihr allein ausgeht. Wenn aber auch ein, in der todten Natur verbreiteter Stoff (das magnetifche Fluidum zum Beifpiel oder der Lichtftoff) in dem Galvanismus wirkfam wäre, fo bliebe der obige Satz von der vitalen Action doch richtig. Denn dort war von dem ganzen Phänomen der Reizung, nicht von der materiellen, vielleicht nicht einmal einfachen Urfach derfelben, vom Stimulus felbft, die Rede. Die Erfcheinung, dafs der Muskel der linken Herzkammer von hochrothem Blute zum Zufammenziehen gereizt wird, bleibt eine blos vitale Erfcheinung, wenn gleich nur das im ganzen unbelebten Luftmeer verbreitete Oxygen *) das arterielle Blut reizend macht. Das Dafeyn diefes Stoffes ift nicht die einzige Bedingung, unter der die Contraction erfolgen kann. Sie ift der gemeinfame Effect einer fo gemifchten, fo geformten thierifchen Materie. **)

*) Schon Haller fagt, wahrfcheinlich von Mayow veranlafst: "Dringt ein feineres Element aus der Luft ins "Blut, das die Röthe hervorbringt, fo wie das Licht zu "den Farben der Pflanzen nothwendig ift? Oder befteht "der Nutzen der Lunge in einem Einfaugen des Salpeters "(fpirit. nitro-aëreus!) aus der Luft? Kommt da"von die fchöne Röthe? ..." Grundr. d. Phyfiologie überf. von Sömmering S. 320. Ich citire in der Folge immer diefe Ueberfetzung des grofsen Mainzer Anatomen.

**) Vergl. Reil's Archiv a. a. O. S. 158.

Wenn aber der Galvanische Versuch auch nur an erregbaren Substanzen gelingt, so könnte er doch Nebenwirkungen auf die mit ihnen verbundene unbelebte Natur haben. Die bisherigen Versuche haben diese Nebenwirkungen noch nicht bemerkbar gemacht, und so gewiss sich auch a priori erweisen lässt, dass in den unbelebten Stoffen, welche sich in der Kette zwischen der Muskel- und Nerven-Armatur befinden, während des Reizes, Veränderungen vorgehen müssen, so sind dieselben doch wahrscheinlich zu schwach, um unsern Sinnen fühlbar zu werden. Ich habe das sogenannte Galvanische Fluidum sorgfältig durch gefärbte Flüssigkeiten, gesättigte Auflösungen von Salz, geleitet, das scheinbare Durchströmen lange Zeit befördert, aber nie an der Farbe, Temperatur, Verdünstung, Krystallisation oder im chemischen Mischungsverhältniss eine auffallende Modification bemerken können. Herr Chladni, dessen Entdeckungen über den Klang gewiss zu den wichtigsten dieses Jahrhunderts gehören, äusserte mir den Zweifel, ob, falls in den metallischen Excitatoren Schwingungen vorgingen, dieselben sich nicht in bestimmten Figuren darstellen lassen sollten? Ich bestreute sehr ebene Zink- und Silberplatten mit feinem Marmorsande, mit Semen Lycopodii, aber die Figuren erschienen nie. Dass diese Versuche indess nicht gegen die Schwingungen beweisen, bedarf hier kaum einer Bemerkung, da selbst das Anschlagen an tönende Glasscheiben in diesen eine zu schwache Erschütterung verursacht, um den Zauber der Chladnischen Figuren darzustellen.

Aus einigen Zeilen in Herrn Volta's Schriften über die thieriſche Elektricität *) wurde häufig geſchloſſen, daſs heterogene Metalle in Berührung mit feuchten Stoffen, als: Papier, Leder, Tuch und andern, oder gar mit Waſſer, unter gewiſſen Umſtänden ſichtbare Veränderungen in dieſen hervorbringen könnten. Dieſe Stelle iſt aber, wie mich zu Como der groſse Phyſiker ſelbſt belehrte, bloſs miſsverſtanden worden. Herr Volta glaubt zwar aus ſeiner Hypotheſe über den Galvanismus ſchlieſsen zu müſſen, daſs auch bei drei verſchiedenartigen, unbelebten Körpern, die ſich berühren, das elektriſche Fluidum determinirt wird, mehr ſo ——> als ſo <—— hin zu ſtrömen. Er verſichert aber, dieſes Ueberſtrömen nie beobachtet zu haben, und hält es ſogar, aus eben den, ſchon von Herrn Pfaff **) entwickelten Gründen, für unmöglich, daſs bei Verſuchen mit den lebhafteſten Thieren das Elektrometer je + oder — E zeigen könne. Dieſe Unmöglichkeit beruht indeſs nur auf der Analogie des Galvanismus mit dem Losſchlagen der Kleiſtiſchen Flaſchen, auf dem Glauben an eine Theorie, welche durch meine nachfolgenden Verſuche gänzlich widerlegt wird!

Herr Valli***) zu Piſa verband die Schenkelnerven von vierzehn Fröſchen in einer Belegung und glaubte, bei der Entladung dieſer Froſchbatterie, an naheliegenden Strohhalmen und nachmals am Elektrometer ſelbſt, Zeichen der übergehenden Elektricität

*) Ueberſetzt von Mayer. S. 9.

**) a. a. O. S. 377.

***) *Rozier Journal de Phyſique* T. 41. p. 79.

zu beobachten. Der gelehrte Physiker Herr Kühn*) wiederholte diesen merkwürdigen Versuch und sah die Goldblättchen des Bennetschen Elektroskops sich bis an die Wände des Glascylinders entfernen. Die Art aber, wie beide experimentirten, schliesst den Verdacht nicht aus, dass ein sanftes Reiben die sensiblen Instrumente afficirt haben könne. Dieser Verdacht wird dadurch erhöht, dass alle Versuche mit dem Elektrometer misslingen, sobald man dasselbe, zwischen Muskel und Nerv, in eine Kette stellt, deren entferntere Glieder sich allein wechselsweise verbinden und trennen. So beobachteten es die Herren Volta, Fowler, Creve, Lichtenberg,**) Schrader und Pfaff, ***) so fand ich es bei den stärksten Batterien, welche ich aus Ischiad- und Schenkelnerven zusammensetzte. Herr Valli †) führt zwei Versuche an, in denen er das Haar einer Maus sich elektroskopisch erheben und sinken sah. Da er selbst manchen Zweifel gegen die Richtigkeit seiner Beobachtung erhebt, so fand ich mich veranlasst, dieselben zu wiederholen. Ich präparirte zwei Mäuse und eine junge Ratze dergestalt, dass ein Theil des Schenkels noch mit dem natürlichen Felle bedeckt blieb. Ich armirte Nerv und Muskel mit

*) Etwas über die Kuren des Grafen von Thun (durch die Wunderhand) Leipz. 94. S. 20.

**) Grens Journal Bd. 7. S. 330.

***) a. a. O. S. 373.

†) Göttlings und Hufelands Aufklärungen der Arzney-Wissenschaft aus den neusten Entdeckungen. St. 2. S. 187. und *Valli experiments on animal electr.* S. 15.

Zink und Gold; heftige Contractionen der Extremität erfolgten, aber ich bemerkte auch nicht die leiseste Bewegung des Haars, obgleich die irritable Faser zunächst unter demselben berührt ward. Ich verband 5 Froschnerven in eine Armatur, bereitete zwischen dieser und der Muskelarmatur eine lange Kette von mehreren Metallen, Kohle, Ratzenschwänzen, dem Cruralnerven der Lacerta agilis, Morchelstücken, gekochtem Schinken, und mit Muskelfleisch versehenem Mausefell. Die Kette war in allen Puncten leitend, aber an dem Ratzen- und Mausehaar war beim Ueberströmen keine Bewegung, kein Sträuben zu beobachten. Aus diesen vielfachen Versuchen *) läſst sich demnach der Schluſs ziehen, daſs, wenn das Galvanische Fluidum auch nicht mit den Kräften der belebten Materie allein in Verkehr steht, die Nebenwirkungen, die dasselbe auf die unbelebte Natur hat, doch bis jetzt noch nicht gründlich erwiesen worden sind. Fast eben so entziehen sich unserm Auge die Veränderungen, welche in den molécules einer Zinnplatte vorgehen, wenn ein Magnet, durch sie durch, auf Eisen oder Nickel oder Kobalt wirkt.

*) Herrn Kühns Versuch bleibt indeſs immer sehr bedenklich, und es wäre zu wünschen, daſs Herr Hindenburg ihn mit seinem vortrefflichen Condensator wiederholte. Sollte er denn nie wieder gelingen? Vielleicht aber war die bemerkte Elektricität doch nicht das Agens im Versuche, vielleicht entwickelte sich nur, bei Gelegenheit der heftigen Muskelbewegung, Elektricität aus den Fröschen, welche das Instrument aufnahm. Solche elektrische Erscheinungen sind bei Muskelbewegungen öfter beobachtet. Wir wissen, daſs der Visigothe Theodorich Funken sprühte, wenn er einherging.

Wir können daher in dieser Untersuchung die Betrachtung der todten Stoffe, als Glieder der Galvanischen Ketten, fürs erste verlassen und zu den Eigenheiten der irritablen und sensiblen Fiber zurückkehren.

Wenn das Hauptagens des Galvanismus auf der Anwendung eines Reizes beruht, so folgt aus den ersten Grundsätzen der Physiologie, dass das Gelingen und Nicht-Gelingen der Versuche von der Stärke des Reizes eben so sehr, als von der Erregbarkeit oder Reizempfänglichkeit der thierischen Organe abhängt. *) Bisher schien man nur auf das erstere Verhältniss hauptsächlich aufmerksam zu seyn; man untersuchte die relative Stärke der Armaturen, ihre Wirksamkeit bei isolirten oder leitenden Unterlagen, und vernachläsigte, den Zustand der Reizempfänglichkeit zu verändern, in welchem sich das Thier, mit dem man experimentirte, befand. Ich habe mich bemüht, diesem Mangel abzuhelfen und bin dadurch zu Versuchen veranlasst worden, welche den bisher angenommenen Gesetzen des Metallreizes sehr widersprechen.

Im Herbst 1794 während meines Aufenthaltes zu Steuben am Fichtelgebirge, bemerkte ich, dass, wenn ich abwechselnde Ketten von thierischen Stoffen (Stückchen Muskelfleisch) und Metallen bildete, die Contractionen erfolgten und ausblieben, je nachdem die Glieder dieser Kette anders gestellt wurden. Ich

*) Verglichen Herrn Sömmerings wichtige Bemerkungen in der Muskellehre §. 20—23. S. Vom Bau des menschlichen Körpers. H. 3. S. 15.

hielt die Vervielfältigung dieser Art von Versuchen, ein solches Ausmitteln der positiven und negativen Fälle, für sehr wichtig, weil es mir schien, als werde man auf diesem Wege allein die einfachen Bedingungen *) erforschen, in denen die Ursach der Reizung gegründet ist. Ich erinnerte mich indess bald, dass der Stimulus da seyn könne, auch wenn keine Zukkungen erfolgten, weil der Grund des Nichterfolgens bloss in dem Mangel der Reizempfänglichkeit der Organe liegen könne. Ich bemerkte, zum Beispiel, dass wenn in der Galvanischen Kette sich zwei Metalle nicht unmittelbar berührten, sondern wenn (Fig. 1. **) zwischen der Muskel- und Nervenarmatur, zwischen dem Silber und Zink sechs Kubiklinien frisches Muskelfleisch lagen, die Reizung bei den meisten Thieren gar nicht, bei sehr lebhaften aber

*) Herr Pfaff drückt sich hierüber sehr schön aus: "Die "Bedingungen oder Gesetze, nach denen sich das Da-"seyn der Erscheinungen richtet, sind die wichtigsten für "die ganze Untersuchung; diess constante Coëxistiren und "Succediren der Erscheinungen läst uns mit Recht auf "einen ursachlichen Zusammenhang derselben schliessen, "und wir können diejenigen äussern Umstände, die "nothwendig zur Entstehung der Erscheinungen sind, und "ihnen immer vorangehen müssen, als Grundenthaltend "derselben ansehen." A. a. O. S. 179.

**) Ob sich gleich alle Galvanische Versuche mit Worten beschreiben lassen, so sind manche doch so verwickelt, dass kleine Zeichnungen das Verständniss derselben ungemein erleichtern. Ich werde daher die Hauptfälle durch Figuren ausdrücken, doch nur durch einfache Umrisse, um nicht die Physiognomien von Menschenhänden, Zinkstangen und Froschschenkeln, wie Aldini, oft wiederholen zu müssen. Die Metalle drücke ich durch die bekannten adeptischen Zeichen derselben, Stückchen leitenden Muskelfleisches durch die Buchstaben *m f l.* aus.

vollkommen, doch nur in den ersten fünf bis acht Minuten, glückte. Ich fand, dass Schenkel von Fröschen, welche bei diesem Apparat nicht mehr zuckten, neue Contractionen zeigten, wenn ich ihren Nerv mit frischem Muskelfleisch bedeckte, ihn in seine vorigen Integumente einhüllte. Durch die Ruhe empfing die erschöpfte Faser ihre grössere Erregbarkeit wieder. Eben dies erfolgte, wenn ich den Cruralnerv einer Maus, der bei der Fig. 1. dargestellten Vorrichtung gar keine Bewegung äusserte, in eine alkalische Auflösung oder in oxygenirte Kochsalzsäure tauchte. Die Contractionen des Mauseschenkels wurden sogleich so heftig, dass sein armirter Nerv vom Zink herabflog, als die im Griff isolirte silberne Pincette das Muskelfleisch *a* berührte. Beweise genug, um zu lehren, wie bei vermehrter Erregbarkeit, Contractionen erfolgen, welche bei minderer, unter sonst gleichen äusseren Umständen, ausbleiben!

Es ist daher zur gründlichen Untersuchung der Gesetze des Metallreizes unendlich wichtig, mit recht lebhaften, reizempfänglichen Individuen zu experimentiren. Je mehr die Incitabilität ihrer Organe erhöht wird, desto mehr positive Fälle, das ist, solche, in denen die Contractionen erfolgen, kann man ausmitteln. Ich bemühte mich daher, unter den Fröschen, zum Beyspiel, recht junge starke und (so viel als möglich) weibliche *) Individuen auszuwählen;

*) Wer recht viel Frösche secirt, oder den Geschlechtscharakter derselben, wenigstens in der Begattungszeit, aus ihren Händen bestimmen kann, wird die Behauptung, dass

ich fand, daſs ſie in kühlen Sommertagen, oder aus der langen Winterruhe erweckt und einige Tage im Zimmer geſellſchaftlich gefüttert, am lebhafteſten waren. Aber nie, nie konnte ich vorher die ſelteneren Abänderungen glückender Verſuche ſo beſtimmt und ſicher wiederholen, alle Nebenumſtände dabei ſo gründlich prüfen, als ſeitdem ich auf den Gedanken verfiel, die Nerven der Thiere in alkaliſchen Solutionen, oder überſauerer Kochſalzſäure zu baden. Durch Anwendung dieſer einfachen Mittel, welche überhaupt die wunderſamſten Erſcheinungen geben, hatte ich es gleichſam in Händen, die Erregbarkeit der Fiber willkürlich zu ſtimmen, Nerven matter Thiere künſtlich zu einer Reizempfänglichkeit zu er-

die weiblichen Fröſche reizbarer, als die männlichen ſind, auf Experimente gegründet finden, die nicht, wie manche chemiſche, a priori oder ex anticipatione mentis, angeſtellt ſind. Bei der rana eſculenta L. war es mir deutlicher, als bei der rana temporaria L. Ueberhaupt wäre es intereſſant, den wunderſamen Geſchlechtsunterſchied durch die ganze organiſche Natur phyſiologiſch zu verfolgen, und ihn nicht, wie bisher in der Naturbeſchreibung geſchieht, blos in der Configuration gewiſſer Theile aufzuſuchen. Selbſt die Pflanzen mit getrennten Geſchlechten, die Arten der Salix, Populus, Juniperus, Ruſcus, Brucea, Schinus und andere, könnten in dieſer Hinſicht Objecte merkwürdiger Unterſuchungen werden. Vergleiche meines ältern Bruders, Wilhelm v. Humboldt Abhandlungen über den Geſchlechts-Unterſchied und deſſen Einfluſs auf die organiſche Natur, und über die männliche und weibliche Form, in den Horen. 95. Bd. 1. St. 2. S. 99. St. 3. S. 80. (beſonders S. 100.) St. 4. S. 14.

heben, von der ich im natürlichen Zustande kein Analogon fand!

Noch mehr! Da jeder allzu häufig angebrachte Stimulus die Organe schwächt, (mit warmen Auflösungen von oxydirtem Arsenik brachte ich völlige Atonie hervor) da gemeine Säuren auf die Nerven (nicht auf die Muskeln) angewandt, nach meinen Beobachtungen die Erregbarkeit vermindern; so konnte ich nun jeden thierischen Stoff in wenigen Secunden von dem höchsten Grade der Reizempfänglichkeit zur tiefsten debilitas directa und indirecta *) herabstimmen. Die Aufzählung dieser gewiss nicht unwichtigen Phänomene selbst, verspare ich bis auf den Abschnitt von der Reizempfänglichkeit der Organe überhaupt. Hier war nur erforderlich, die Möglichkeit zu zeigen, wie ich mit lebhafteren Individuen häufiger, als andere Physiologen, experimentiren, und daher Erscheinungen beobachten konnte, welche ihnen entgehen mussten.

Ich komme nun zu den Verhältnissen oder Bedingungen, unter denen allein die Muskularbewegungen im Galvanischen Versuche erfolgen. Um sie einzeln zu betrachten, unterscheide ich (nach den im Vorigen entwickelten Gründen) zwei Zu-

*) Debilitas indirecta, welche H. Weikhard uneigentliche Schwäche nennt (Entwurf einer einfacheren Arzneykunst 95. S. 32) entstehet aus Ueberreizung des Organs. Beide Arten sind in ihren Ursachen sehr verschieden, und dass ich darum das Brownsche System nicht ganz annehme, weil ich hier und da Brown's Kunstsprache befolge, bedarf wohl keiner Erläuterung.

stände der thierischen Organe, den der natürlich hohen, oder künstlich erhöhten und den der minderen Reizempfänglichkeit. Daſs beide Zustände (wie die moralischen, von gut und böse, klug und dumm) nur dem Grade nach verschieden sind, nicht durch schneidende Grenzlinien von einander getrennt werden können, wird mir nicht zum Vorwurf gereichen. Ich betrachte die Eigenschaften der belebten Materie, wie die Eigenschaften der todten. Die Chemie kennt eine Menge von Verbindungen, die sich bei einer höhern Temperatur anders, als bei einer niedern darstellen, ohne daſs man den Grad angeben kann, wo diese Veränderung anfängt. So betrachtet der Pathologe *) in entzündlichen Krankheiten die Anhäufung von Elektricität im menschlichen Körper bei feuchter und trockner Luft, ohne zu vergessen, daſs es keinen absoluten Unterschied zwischen Trockenheit und Nässe giebt.

*) Hufeland's Pathogenie S. 126.

Zweiter Abschnitt.

Zustand der erhöhten Reizempfänglichkeit — Leitung durch blosse thierische Theile — Cotugno's ältere Beobachtung — Galvani's Versuch beim Zurückbeugen der untern Extremität gegen die obere — Zweifel dagegen — Neue einfache Versuche — Directe Verbindung des Nerven und Muskels, in den jener inserirt ist. — Indirecte Verbindung durch ein Nervenstück. — Leitung vom Nerv in den Nerv.

I. Wenn die lebendige Fiber, sey es die irritable oder sensible (denn beide machen Theile eines Ganzen aus, sind der gemeinsame Grund thierischer Erscheinungen) sich im Zustande natürlich hoher, oder künstlich erhöhter Reizempfänglichkeit befindet; so beobachte ich Muskularbewegung unter zwiefachen Bedingungen, je nachdem ein frischer thierischer Stoff, oder Metall und Kohle die Leiter des Galvanischen Fluidums zwischen Nerv und Muskel bilden.

1) Die erstere Bedingung, welche uns in diesem Abschnitt beschäftigt, könnte man auch, nach den bisher gangbaren Hypothesen, Metallreiz ohne Armatur, ohne metallische oder kohlenstoff-

haltige Excitatoren nennen. Sie giebt Verhältniſſe an, unter denen man faſt allgemein das Eintreten der Galvaniſchen Erſcheinungen läugnet. Herr Pfaff, deſſen Schrift alles enthält, was bis zum Winter 1795, über thieriſche Elektricität öffentlich bekannt gemacht wurde, Herr Pfaff *) ſagt ausdrücklich: „Feuchte thieriſche Theile, Muskeln, Nerv, „friſche vegetabiliſche Theile, Waſſer und mancher„lei mit demſelben befeuchtete Körper, ſind völlig „unfähig, Zuckungen, nach Art der Metalle, zu er„regen. — Metalle, Erze, Kohle und Reiſsblei ſind „die Körper, welche als einzige Excitatoren dieſer „Erſcheinungen aufgeführt werden können. — Bei „ſehr groſsen und, allen Erſcheinungen zufolge, ſehr „reizbaren Individuen, gleich nach der Zubereitung, „bei verſchiedener Beſchaffenheit der Atmoſphäre „mit der gröſsten Sorgfalt angeſtellte Verſuche haben „mich überzeugt, daſs eine Verbindung der Mus„keln mit einer beliebigen Armatur durch Waſſer, „friſche, feuchte, thieriſche und vegetabiliſche „Theile und beliebige naſsgemachte Körper aller „Art nie im Stande iſt, Zuckungen zu erregen.„ Herr Delametherie **) verſichert in ſeinem ſchö-

*) a. a. O. S. 49—199 und 200—338. Verglichen Gehler's Phyſ. Wörterbuch Th. 5. S. 286.

**) *Roz. Journ. de Phyſique* 1793. p. 293. Das vorzügliche Talent, welches Herr Delametherie hat, analoge Facta zuſammen zu reihen, und gewiſſe, wahrſcheinliche, und zweifelhafte Reſultate von einander zu unterſcheiden, zeichnet dieſe Arbeit, wie ſein Meiſterwerk die *Nouvelle Theorie de la Tarre*, aus. Möge dieſer Mann, den ſeine imponirende Kühnheit bisher auf eine

nen Auffatze: *Réflexions fur l'électricité animale:* „*que* „*les fubflances animales ne font point affez bons con*„*ducteurs pour produire les effets des métaux, de la* „*plombagine et du charbon.*„ Eben fo faft alle Phyfiker, welche über den Metallreiz fchrieben.

Nur einige Erfcheinungen, welche Herr Cotugno zu Neapel, und die Bologner Schule, bemerkten, fchienen auf Metallreiz ohne Metall und Kohle hinzudeuten. Der erftere wollte eine kleine Hausmaus lebendig feciren; er faſste fie mit zwei Fingern in der Rückenhaut und hielte fie in die Höhe. Kaum aber fchlug der Schwanz der Maus gegen feine Hand, fo empfand er einen heftigen Stofs und Krampf durch den Arm, die Schultern und den Kopf. Diefe fchmerzhafte Empfindung dauerte eine Viertelftunde lang fort *). Diefe merkwürdige Erfcheinung, welche nebft andern im *Journal encyclopédique de Bologne* bekannt gemacht wurde, veranlafste Herrn Vaffali 1789, und endlich Herrn Galvani 1792 zu ihren elektrifchen Verfuchen. Sie leitete alfo zu wichtigen Entdeckungen, ob man gleich gegen fie felbft mannigfaltige Zweifel **) erhob. Herr Galvani ***) fand, dafs, wenn ein Frofch ab-

faft unbegreifliche Art rettete, den Wiffenfchaften nicht auch noch durch Revolutionswuth entriffen werden.

*) Gothaifches Mag. für das Neuefte aus der Phyfik, B. 8. St. 3. S. 121.

**) Gehler a. a. O. S. 295.

***) Grens neues Journal der Phyfik, B. II. H. 2. S. 169. (aus *Brugnatelli Giorn. phifico-medico* 94. *Agofto, p.* 99.) *Dell' ufo e dell' attivita dell' areo conduttore nelle contrazioni dei mufcoli. Mod.* 94. *p.* 16.

gezogen, ausgeweidet und so präparirt wurde, dass bei fast ganz weggeschnittenem Rückgrad die obern Extremitäten mit den untern nur durch die Ischiadnerven zusammen hingen, heftige Muskular-Contractionen in der ganzen thierischen Maschine entstanden, wenn der Wadenmuskel (musculus gemellus und soleus) gegen die Schulter des Frosches zurückgebogen ward. Es ist seltsam, dass dieser merkwürdige Versuch, welcher in Bologna und Venedig viel Aufsehen erregte, so lange in Deutschland unbekannt blieb. Herr Pfaff erwähnt seiner ebenfalls nicht, und der Caval. Volta, mit dem ich auf seinem Landsitze zu Como experimentirte, machte mich zuerst damit bekannt. Dieser grosse Physiker äusserte ehemals in seinem Briefe an den Professor Vassali zu Turin: dass die Zuckungen im erwähnten Falle von einer mechanischen Reizung, von einem Drucke, den die Nerven litten, herrühre. Er führte mit der, ihm eigenen Lebhaftigkeit, eine Menge Gründe für diesen Zweifel an, und endigte mit dem Schlusse: „dass diese gerühmten Versuche nichts bewiesen." Ich gestehe aber, dass mir dieselben seit meiner Rückkunft aus Italien unter Umständen gelungen sind, die jeden Verdacht einer mechanischen Erschütterung des Nervensystems ausschliessen. Oft schob ich blofs in einer horizontalen Fläche den Froschschenkel gegen das Ende der obern Extremität, uud die Convulsionen waren dennoch sehr heftig. Auch hat Herr Volta seitdem selbst seine Meinung über diese Erscheinung umgeändert. Er äusserte mir mündlich, dass er die Zuckungen selbst

nicht mehr einer mechanischen Reizung zuschreibe, dass er sie aber befriedigend nach seiner Theorie vom gestörten Gleichgewicht der Elektricität unter drei heterogenen Stoffen erklären könne. Er zeigte mir *), wie Seife oder Kleister, mit denen man die Schulter oder die Brust des Thieres bestreichet, die Contractionen verstärken. Er glaube, dass, wenn selbst ohne diesen Kunstgriff bei frisch geöffneten, sehr lebhaften Individuen der Versuch glücke, es nur daher rühre, dass der tendinöse, weisse, härtere Theil des Wadenmuskels die nie von Blut ganz trockne Brust berühre. Alsdann wären wieder drei verschiedenartige Stoffe: Sehnenfaser, Blut- und Muskelfaser, im Contact, und die Bedingung, unter der (nach seiner Theorie) die Elektricität so ——> oder so <—— hinüber zu strömen anfange, sey erfüllt. Meine neuesten, erst vor wenig Wochen, angestellten Beobachtungen widersprechen aber dieser Voraussetzung. Ich zog einem Frosch die Oberhaut ab, und präparirte ihn so, dass der Rumpf mit den Schenkeln nur durch die entblössten Ischiadnerven zusammenhing. Ich erregte heftige Muskelbewegungen, als ich das rothe, gar nicht tendinöse Muskelfleisch der Lende leise gegen den Ischiadnerven zurückbeugte. Hier war der Stimulus unter Umständen wirksam, unter denen er sich vorher noch nie gezeigt hatte! Hier waren nur zwei, und zwar organisch

*) Vergleiche meinen zweiten Brief an Herrn Blumenbach in Grens N. Journ. 95. B. a. H. 4. S. 475.

nifch verbundene Stoffe, Muskel und Nerv in Berührung! Von einem mechanifchen Druck konnte die Reizung nicht entftehen; denn alle Theile blieben in Ruhe, als der Ifchiadnerv allein mit Muskelfleifch, Siegellak, Holz und andern nicht excitirenden Subftanzen erfchütternd berührt ward. Ja, eben diefe Ruhe erfolgte, als eine dünne Glasplatte oder Blättchen von einer aufgetrockneten Pflanze den Nerv bedeckten, und die Lende nun gegen diefe zurückgebeugt ward. Auf eine faft ähnliche Art erregte Herr Volta Muskelbewegungen *) als er die obern und untern Extremitäten eines eben fo präparirten Frofches in zwei verfchiedene Gefäfse mit Waffer tauchte, und beide Gefäfse mit zwei feiner Finger mit einander verband. Er vermuthete, dafs auch in diefem Falle ein glückliches Zufammentreffen von Nebenumftänden, eine zufällige Heterogeneität feiner Finger gewirkt habe! Es kommt hier

*) Auffallend ift es, wie lebhaft Herr Volta felbft fonft gegen die Möglichkeit diefer Muskelbewegungen eiferte. „Wenn „das elektrifche Fluidum, fagt er, nach Galvani's „Theorie in dem Körper eines Thieres, deffen Hinter„fchenkel in einem mit Waffer gefüllten Glafe hängen, „und deffen Rumpf mit dem Rückenmark fich in einem „andern Glafe befindet, ungleich vertheilt wäre: und „wenn bei der angebrachten leitenden Verbindung zwi„fchen dem einen Glafe und dem andern durch einen „metallifchen Bogen, die heftige krampfhafte Bewe„gung daher rührte, dafs das Fluidum plötzlich ins „Gleichgewicht gebracht wurde, warum, frage ich, er„folgen nicht diefelbigen Bewegungen, warum bleibt „der Frofch vollkommen ruhig, wenn man fich, anftatt „der Metalle, zweier Finger als Auslader bedient, oder „auch in jedes Glas eine Hand fteckt„? Grens Neues Journ. der Phyf. B. 2. H. 2. S. 164.

nicht auf Beſtreitung einer Theorie, ſondern nur auf Ausmittelung von Thatſachen an, und daſs die vorgenannten zu verwickelt ſind, um nicht eine vieldeutige Erklärung zuzulaſſen, muſs jedem Unpartheiiſchen einleuchten. Sie ſetzen alle eine beſondere künſtliche Präparation des Thieres voraus, beide Extremitäten müſſen dabei widernatürlich gebeugt oder bewegt werden. Die Frage, ob ein tendinöſer oder muskulöſer Theil berührt worden ſey, ob die Integumente rein von Blut oder noch ſchwach damit tingirt waren, iſt unendlich ſchwer, ja apodiktiſch, im ſtrengſten Sach- und Wortverſtande, nie zu entſcheiden. So ungerecht es mir daher ſcheint, wenn man von dem Chemiſten, der ſich rühmt, das Verhältniſs von zwei oder drei Stoffen in ſeinem Laboratorium ergründet zu haben, fordert, daſs er alle Gährungsproceſſe der Luftregionen erklären ſoll, eben ſo ungerecht wäre es, dem Phyſiologen nur die verwickelteren Fälle der Galvaniſchen Erſcheinungen vorzulegen. Ich verlaſſe daher dieſen unſichern Weg der Unterſuchung, und halte mich an einfache Verſuche, die, ſo viel ich weiſs, noch niemand vor mir anſtellte.

Einem Froſch, der einen natürlich hohen, (nicht durch Alkalien künſtlich erhöhten) Grad der Erregbarkeit zeigte, wurden beide Schenkel abgelöſet. An dem rechten Schenkel präparirte ich den Cruralnerven *) ſchnell heraus, und legte dieſen,

*) Da es hier nicht darauf ankommt, die Neurologie des Froſches zu liefern, ſo merke ich nur mit wenigen Zeilen an, daſs ich den groſsen Nerv an der äuſsern

fammt der ganzen Extremität, auf eine wohlgetrocknete Glasplatte. Ich befestigte nun ein 4 bis 6 Kubikzoll frisches Muskelfleisch an einem isolirenden Griff von Siegellak, und berührte damit zugleich den Cruralnerv und Schenkelmuskel des Frosches. Es entstanden zu meinem Erstaunen lebhafte Zuckungen. In demselben Zweifel, den Herr Volta *) gegen Galvani äusserte, „dass, wenn Nerv und „Muskel vollen Vigor der Vitalität haben, jeder me„chanische Reiz, jeder Druck oder Stoss hinreichend „ist, um Convulsionen, Tremores und Subsul„tus zu erregen,„ in diesem Zweifel nahm ich, statt des Muskelfleisches, trocknes Holz, Horn oder einen scharfen Knochen zum Leiter zwischen dem Cruralnerven und Schenkelmuskel, aber keine Spur einer Contraction war zu sehen. Noch mehr: ich berührte beide, die sensible und irritable Fiber (Fig. 2.) zugleich mit zwei Stücken Muskelfleisch x und y, die an zwei isolirenden Pincetten befestigt waren. Sollte nun die mechanische Impression von x und y auf die thierischen Organe Ursach der Reizung seyn, so musste sie erfolgen, als x und y mit Stoss dieselben

Seite der Froschlende mit allen, die über den Galvanismus schreiben, Crural- und Schenkelnerv nenne, obgleich es zweifelhaft scheint, ob derselbe diesen Namen verdient, oder nicht vielmehr als Fortsetzung des Nervus ischiadicus zu betrachten ist. Die Kunstwörter der Menschen-Anatomie passen nicht immer ganz auf die Zootomie. So viel ist gewiss, dass der gedachte grosse Nerv hinten aus dem Becken entspringt, bis zum Knie keine Zweige abgiebt, sich von dort an aber mannigfaltig spaltet.

*) Gren a. a. O. S. 170. Note.

trafen. Aber nein! Der Stimulus war nicht eher wirksam, als bis sich beide Stücke Muskelfleisch unter einander berührten, oder bis sie durch ein drittes, z, mit einander verbunden würden.

Ich präparirte nun den linken Froschschenkel, der bereits über eine Viertelstunde geruhet hatte; sein Cruralnerv schien so unempfindlich, daſs er selbst durch mechanisches Kneifen, wenn es nicht überaus heftig war, nicht zu Muskelbewegungen gereizt werden konnte. Dennoch glückten alle vorbeschriebene Versuche auch mit diesem. Ja! ich sah deutlich, daſs die Reizung stärker war, wenn ich x und y dergestalt durch z verband, daſs z zuerst x und dann y berührte, als wenn die Verbindung von y ausgeschlossen wurde. Als der Schenkel nach einer halben Stunde bereits sehr mattt war, erfolgten gar keine sichtbaren Contractionen mehr, wenn das Stückchen Muskelfleisch zuerst den Cruralnerven und nachmals den Schenkelmuskel traf. Dagegen waren sie sehr heftig, wenn die imaginäre Zuleitung des Galvanischen Fluidums vom Schenkelmuskel ausging. Dieser Umstand, welcher den Gesetzen des Metallreizes *) ganz analóg ist, entfernt, wie mich dünkt, jeden Zweifel, daſs alle diese Erscheinungen keine gemeinsame Ursache mit dem Metallreiz hätten. Dieselben Versuche glückten mir an mehreren andern Land- und Wasserfröschen, an der kleinen Rana arborea, der Lacerta agilis und der

*) Valli in Rozier *Journal de Physique* T. 41. p. 72. Pfaff a. a. O. S. 10.

Hausmaus (Mus Mufculus.) Nerven, welche, im Zuftande der natürlichen Erregbarkeit, keine Contractionen bei diefer Präparation erregten, erlitten diefelben fogleich, als fie in alkalifchen Auflöfungen gebadet wurden. Bei mehreren Individuen löfste ich den obern Theil des Cruralnerven ab, und fchob (Fig. 3.) diefes getrennte Stück x mittelft einer Glasröhre zwifchen den, noch inferirten Nerv und den Schenkel felbft. Als auf beiden Seiten der Contact gefchah, blieb die convulfivifche Erfchütterung nicht aus. Hier waren nur zwei heterogene Stoffe, ein inferirter Nerv, ein Nervenftück und Muskelfleifch in Berührung, alfo jeder Verdacht, diefe merkwürdige Erfcheinung auf die Voltaifche Theorie vom geftörten Gleichgewicht der Elektricität, durch den Contact von wenigftens drei heterogenen Subftanzen zu reduciren, entfernt. Ich zweifle, dafs es je glücken wird, die Wirkungen des Galvanismus auf einem einfachern Wege, als auf diefem, zu zeigen. Merkwürdig ift noch dabei, dafs (Fig. 4.) wenn x kein recht frifcher Nerv, oder kein frifches Stück Muskelfleifch ift, und alfo wegen der unvollkommenen Leitung die Contraction nicht erfolgt, diefelbe fogleich erregt wird, wenn man x, ftatt mit einer gläfernen Röhre, mit einem Eifendrathe gegen den Schenkel fchiebt. Der Eifendrath berührt hier blofs die äufsere Oberfläche von x, die Communication von dem Cruralnerven zum Schenkelmuskel ift durch keine metallifchen Theile unterbrochen, und doch äufsert fich fchon der mächtige Einflufs, den diefe auf die Galvanifchen Erfcheinungen ha-

ben, ſobald ſie, nur in das entfernteſte Verkehr mit den thieriſchen Organen treten.

Auch durch ein Ueberſtrömen vom Nerv in den Nerv gelang es mir mehrmals, Muskelbewegungen, ohne Armatur, durch bloſs thieriſche Theile zu erregen. Ich faſste den Cruralnerv (Fig. 5.) ganz ſanſt mit zwei Fingern der linken Hand, und berührte nun mit der rechten, in der ich ein paar Cubiklinien Muskelfleiſch hielt, denſelben Cruralnerven. Die Reizung war heftig, ſobald der Contact erſolgte, ſie ſchienen am heftigſten, wenn er nahe an der Inſertion des Nerven in den Muskel, doch von dieſem entfernt, geſchah. Um überzeugt zu ſeyn, daſs auch hier kein mechaniſcher Reiz ſtatt finde, verwechſelte ich z mit einem Stück trockenen Elfenbeins, aber die Zuckung blieb ſogleich aus. Um auch dem Verdacht vom Druck mit den Fingern zu entgehen, theilte ich z in zwei Hälften, nahm in jede Hand ein Stück und berührte nun (es war an einer muntern Eidexe) den Cruralnerven in zwei Puncten damit; die Contraction des kleinen Fuſses erfolgte; ſelbſt die Zehen dehnten ſich convulſiviſch aus. Hier hatte ich alſo lebhafte Muskelbewegungen erregt:

1. indem ich die Lende eines Thieres gegen den Iſchiadnerven zurückbog, mit dem ſie noch organiſch verbunden war, (S. oben S. 32.)
2. indem der Cruralnerv und ſein Schenkelmuskel mittels eines abgeſchnittenen Stückes Cruralnerv zugleich berührt wurde, und

3. indem thierische Theile eine Leitung von einem Theile des Nerven zum anderen bildeten.

In dem ersten Falle war der Contact blofs unter solchen Theilen, welche organisch mit einander verbunden waren. In den beiden letzten Fällen geschah derselbe mittels getrennter Stücke, welche aber kurz vorher noch dem gereizten Organe angehörten, und entweder der sensiblen oder irritablen Fiber homogen waren. Obgleich in dem Versuch *Fig.* 5. nur Nerv und Nerv berührt ward, so macht ihn die Leitung durch die menschliche Maschine, vom rechten in den linken Arm, doch weniger einfach, als den Versuch Fig. 3. wo Muskel und Nerv durch ein Nervenstück verbunden wird und die Kette nur aus zwei Stoffen bestehet.

Da ich Zuckungen erregt hatte, indem ich (Siehe oben S. 32.) den fleischigen, gar nicht tendinösen Theil der Froschlende gegen den, noch mit dem Rumpfe zusammenhängenden Ischiadnerven zurück bog, so war ich sehr neugierig, ob ich nicht bei getrenntem Rumpfe dasselbe Resultat erhalten würde. Aber alle meine bisherigen Versuche haben mir keine Contractionen gezeigt, wenn ich (Fig. 6.) den Schenkel gegen den Nerv und diesen gegen jenen bog. Eben so fruchtlos war bisher das Experiment Fig. 7. auf welches mich die Analogie von Fig. 5. leitete. Ohne den Muskel zu berühren, schob ich bei sehr lebhaften Individuen das Nervenstück v an den Cruvalnerv t dergestalt an, dafs t in zwei verschiedenen Puncten getroffen ward — aber immer

ohne Erfolg. Da es bei dem eigentlichen Metallreize sichtbar ist, wie in Fig. 8. die Zuckungen bei der Verbindung von dem Metall und Nerven durch r längst aufhören, wenn sie bei der Verbindung mit dem Metall und Muskel durch s noch fortdauern; so scheint daraus zu folgen, dass der Stimulus in dem letzten Fall heftiger als im ersten ist. Sollte daher, bei gleicher Reizempfänglichkeit, nicht schon darum in Fig. 3. eine Contraction erfolgen müssen, die in Fig. 7. ausbleibt? Sollte man nie dahin kommen, die Erregbarkeit eines Thieres so zu vermehren, dass auch der schwächere Reiz in Fig. 7. wirksam würde? — Aber es kommt hier auf Thatsachen, nicht auf hypothetische Vermuthungen an, und ich wünsche nicht, dass man diese mit den Resultaten sicherer Erfahrungen verwechsele.

Dritter Abſchnitt.

Zuſtand erhöhter Erregbarkeit — Leitung durch metalliſche und kohlenſtoffhaltige Subſtanzen — durch homogene Metalle, ohne Kette — mit Kette — Neues Phänomen der Reizung durch bloſse Berührung der Nervenarmatur, ohne beſondere Zuleitung aus dem berührenden Körper in die thieriſche Fiber. — Streit über Homogeneität — Verſuch die Aldiniſchen Erſahrungen gegen Volta zu rechtfertigen — Reſultate.

II. Die zweite Bedingung, unter der im Zuſtande erhöhter Reizbarkeit Contractionen erfolgen, ſetzt das Mitwirken von metalliſcheh oder kohlenſtoffhaltigen *) Subſtanzen bei dem Verſuche voraus. Wir nähern uns hier einer Claſſe von Erſcheinungen, welche gröſstentheils zu den mehr beobachteten, aber verwickelteren, und darum nicht minder beſtrittenen gehört. Ich hoffe alles auf wenige einfache Sätze zurückzuführen, wenn ich abermals zwei Fälle, Reizung durch ein Metall oder homogene metalliſche Theile, und Reizung durch heterogene Metalle unterſcheide.

a) Wenn homogene Metalle Muskelbewegungen erregen, ſo ſind ſie entweder ſo an den thie-

*) Um die läſtige Wiederholung von Metall und Kohle zu vermeiden, nenne ich künftig nur die Metalle allein.

rischen Organen angebracht, dafs sie mit denselben eine geschlossene Kette bilden, in der ein Fluidum kreisförmig circuliren kann, oder diese Kette ist nicht vorhanden. Die merkwürdigen Versuche, welche sich auf die letztere Disposition der Excitatoren gründen, sind mir eigenthümlich, und ich werde sie daher zuerst entwickeln.

α) Homogene Metalle ohne Kette — Alle Physiologen *) welche über den Galvanischen Versuch geschrieben haben, alle Physiker und Dilettanten, welche davon erzählen, behaupten apodiktisch: dafs die Muskularbewegung nicht eher erregt werden könne, als bis die silberne Pincette s (Fig. 8.) welche auf der Nervenarmatur ruht, mit dem andern Schenkel den Muskel selbst berührt; dafs Glasplatten, oder Luft (und sey es auch nur eine Luftschicht von $\frac{1}{12000}$ Linie) zwischen dem Metall und Muskel alle Contractionen verhindern. Hätte man den wichtigen Grundsatz der Physiologie, „ein Stimulus „wirkt nur dann, wenn er der Erregbarkeit des Or„gans angemessen ist,„ nicht aus dem Auge verloren, so würde man sich dieser apodiktischen Behauptung über negative Fälle enthalten haben. Ich widerlege dieselbe nicht durch die wundersame Erscheinung, welche ich schon längst in meinem ersten Briefe an Herrn Blumenbach **) bekannt

*) Z. B. Grens Journ. d. Physik, B. 6. H. 3. S. 405. B. 8. H. 2. S. 279. B. 8. H. 1. S. 72. Pfaff a. a. O. S. 50. Rozier *Journ. de Physique Avril* 1793. *p.* 290.

**) In Grens Neuem Journ. der Physik B. 2. St. 2. S. 123.

machte; nicht durch die Erfahrung, dafs Convulsionen erfolgten, wenn die mit Muskelfleifch umwickelte Pincette fich dem Nerv auf ¾ Linien näherte. Hier fchien offenbar ein gasförmiges Ausftrömen zu wirken; denn die Convulfionen hörten augenblicklich auf, als eine dünne Glasplatte zwifchen den Nerv und dem, ihm genäherten Schenkel der Pincette gehalten wurde. Ich berufe mich vielmehr auf eine ganz andere Claffe von Verfuchen, die mir nur erft feit meiner Rückkunft nach Deutfchland glückten, und die den Galvanismus in einem neuen Lichte darftellen.

Es war am 20ten November des verfloffenen Jahres, als ich den Cruralnerven eines fehr lebhaften Frofches präparirt und ihn (Fig. 9.) mit Zink M armirt hatte. Ich wollte diefe Nervenarmatur M und den Schenkelmuskel mittels einer andern Zinkftange N verbinden — aber kaum waren die beiden Metalle in Berührung, ohne dafs N fich auch nur dem Muskel oder Nerv näherte, fo erfolgten fchon heftige Contractionen. Ich zeigte diefe noch nie beobachtete Erfcheinung fogleich meinem gelehrten Jugendfreunde und Reifegefährten Herrn Freiesleben, *) und wir konnten unfer Erftaunen darüber

*) Verfaffer der Bemerkungen über den Harz, Leipz. 1795. 2 Bände, und mehrerer geognoftifchen Befchreibungen Böhmifcher und Sächfifcher Gebirgsgegenden im Bergm. Journ. u. in Lempens Magazin — Schriften, welche befonders für die fchwierige und für den Bergmann wichtige Unterfuchung über Schichtung und Lagerung der Gebirgsmaffen claffifch wichtig und lehrreich find.

nicht genugſam gegenſeitig ausdrücken. Wir fürchteten, dieſe Reizempfänglichkeit möchte nur wenige Minuten anhalten, aber der Verſuch glückte eine gute Viertelſtunde lang. Ich hatte daher Muſse, alle Nebenumſtände ſorgfältig zu prüfen, um dem Verdachte der Täuſchung, den ich mir ſelbſt erregte, zu entgehen Ich fand, daſs es ganz gleichgültig war, wo, ob in r oder in den entfernteren Puncten s und t die Nervenarmatur M, durch Zink berührt wurde. Der Verſuch glückte, ich mochte N mit der Hand; oder mittels eines Griffs von Siegellack halten. Ja, die Contraction war überaus heftig, indem ich N auf M fallen lieſs, ohne daſs es weder einen thieriſchen Theil noch die Glasplatte unter dem Zinke berührte. Sie blieb ſich ganz gleich, ich mochte mit einer ſilbernen *) Pincette oder mit N ſelbſt, die Armatur von Zink erſchüttern; ſie blieb ſich gleich, das entgegengeſetzte Ende von N, v, mochte ſich den thieriſchen Organen auf eine halbe Linie nähern, oder davon zollweit entfernt bleiben, es mochte entblöſst oder mit friſchem Muskelfleiſch umwickelt ſeyn. Ich verlängerte M dadurch, daſs ich daſſelbe mittels eines dreizölligen eiſernen Drathes mit einer andern Zinkſtange P verband (Fig. 10); nun wurde dieſe allein von N

*) Ich habe dieſen Abſchnitt eingetheilt in Zuckungen durch a) homogene Metalle α) ohne Kette, β) mit Kette; b) heterogene Metalle. Ich laſſe unter b den Fall ohne Kette, der ſchon unter α erzählt wird, weg. Eben der Wiederholung war ich ausgeſetzt, wenn ich mit und ohne Kette zu Oberabtheilungen machte, und jede derſelben in Contractionen, mit homogenen und heterogenen Metallen zerfallen lieſs.

berührt, und augenblicklich entſtanden lebhafte Contractionen. Dieſe hörten auf, wenn der Contact der Metalle einmal geſchehen war; nur eine neue Trennung und neue Berührung erregte ſie wieder. Die Zinkſtange N wirkte indeſs hiebei auf eine andere Art, als daſs ſie P oder M erſchütterte. Die heftigſten Schläge von Glas, Elfenbein, Knochen, trocknem Ebenholze und Hornſtein brachten keinen Reiz hervor. Es blieb mir der Verdacht, ob vielleicht eine verborgene Leitung zwiſchen N und dem Froſchſchenkel oder Cruralnerven ſtatt fände; ob ein Verſuch, der allem, was man bisher von einer geſchloſſenen Kette, von einem cirkulirenden Fluidum ſagte, zu widerſprechen ſchien, ſich doch nicht auf die Geſetze der Kette reduciren lieſs. Ich wechſelte von Glasplatten, auf denen der Apparat lag, aber ohne eine Veränderung in den Erſcheinungen hervorzubringen. Ich ſchob endlich eine Glasplatte unter den Zink (Fig. 11.) und eine zweite c unter den Schenkel. Indem ich nun Zink auf Zink fallen lieſs, hielt eine zweite ganz iſolirte Perſon c ſammt dem Schenkel, in der Luft in die Höhe. Die Muskularbewegung ſchien durch dieſe Iſolation, ſtatt gar nicht zu erfolgen, nur noch convulſiviſcher zu werden. Das Metall N, deſſen Contact mit P oder M als die Urſach der Reizung anzuſehen iſt, ſcheint demnach auf keine andere Weiſe, als durch M auf den Nerv zu wirken. Der Einwurf, daſs auch aus dem andern Ende von N, aus v durch die Luft etwas in den Schenkel ſtrömen könne, begründet zwar keine Unmöglickeit; indeſs gehört er zu denen,

mit welchen man freilich jede physikalische Wahrheit unsicher machen kann. Um jedoch kein Experiment unversucht zu lassen, ersann ich mir folgenden Apparat. Ich stürzte (Fig. 12. a.) eine gläserne Glocke über P und N, und sperrte dieselbe, besonders wo der Eisendrath bei y heraustritt, mit Oel. Nun schob ich, durch den Rand der Glocke selbst N an P an, und die Contraction fehlte bei der Berührung nie. Wo ist hier noch eine andere Verbindung von N nach dem Schenkelmuskel, als die durch P, den Eisendrath M, und den Nerv denkbar?

Beide Schenkel desselben Individuums gaben dieselben Erscheinungen. Bei dem einen dauerten sie indess kaum vier bis fünf Minuten lang. Ich hatte damals mehrere überaus lebhafte Frösche, welche im warmen Zimmer plötzlich aus der Winterruhe, in die sie der heftige Frost versenkt hatte, erwachten. Mit diesen glückte mir der vorbeschriebene Versuch, in den letzten Tagen des Novembers, wohl sechs bis siebenmal. Herr von Schallern, ein erfahrener, einsichtsvoller Arzt, war mehrmals dabei gegenwärtig; wir prüften alle Nebenumstände, und überzeugten uns, dass die Reizung vorhanden ist:

„wenn nur die Bedingung erfüllt ist,
„dass ein Metall, auf dem der Nerv
„ruht, von einem andern, ihm homoge-
„nen oder heterogenen, Metallerschüt-
„ternd berührt wird.„

Der umgekehrte Versuch (Fig. 12. b.) in dem die Zinkstange N. mit dem Schenkel, aber nicht mit

dem Metall M in Contact tritt, war immer negativ.

Noch mehr! Ich hatte einst zwei Schenkel zugleich mit Zink armirt, zwischen beiden war keine leitende Verbindung; so oft aber N auf M fiel, zuckten beide heftig. Ich liefs jeden derselben mit einer eigenen Glasplatte (Fig. 13.) in die Luft heben, aber der Versuch glückte nicht minder. Als der eine Schenkel a an Erregbarkeit abnahm und ungereizt blieb, während dafs das entfernte Metall N auf den Nerv b mächtig wirkte, so wurde auch für a der Reiz augenblicklich wieder hergestellt, als a und b durch eine Zinkstange Q (Fig. 14.) verbunden wurden. Dieser Fall ist sehr auffallend. M, b, q und a bildeten nun eine geschlossene Kette, deren Glieder zwei homogene Metalle und zwei Froschschenkel waren. Wenn ein Stück Bergkrystall M heftig erschütterte, so blieb alles in Ruhe; kam aber die Zinkstange N nur in den leisesten Contact mit M, so waren alle Erscheinungen des Galvanismus auf einmal hervorgerufen. Eben diese stellten sich dar, wenn Q fehlte, und der Schenkel a, den Fufs von b berührte. Auch schien es, als wenn (Fig. 9.) der Cruralnerv erregbarer wurde, wenn er einige Minuten auf dem Zink M geruhet hatte, als wenn er eine gleiche, ja wohl längere Ruhe auf einer Glasplatte genofs. Doch wurde diese Abänderung des Versuchs nicht oft genug wiederholt, um bestimmt darüber entscheiden zu können. — Dagegen ist es mir zweimal unwiderfprechlich geglückt, den Nervus radialis und Nervus ischiadicus eines nicht

ſehr lebhaften Froſches durch alkaliſche Auflöſungen zu einer ſolchen Reizempfänglichkeit zu ſtimmen, daſs ſie nun von **homogenen Metallen ohne Kette** ſtimulirt wurden.

Soweit die Thatſachen! Wie aber dieſer Verſuch, den ich für den wichtigſten halte, welchen dieſe Schrift über den Galvanismus enthält, alle Theorien, welche ſich auf kettenförmige Berührung verſchiedener Stoffe, oder auf ein kreisförmiges Hin- und Herſtrömen einer Flüſſigkeit gründen, widerlegt, davon wird die Entwickelung unten folgen.

β) **Homogene Metalle mit Kette.** — Auch hier zeugen meine Verſuche gegen die Behauptungen der neuern Phyſiologen. Kein Streit, welcher den Galvanismus betraf, iſt jenſeits der Alpen mit ſolcher Hitze und Bitterkeit geführt worden, als der über die Frage, ob homogene Metalle, als Muskel- und Nervenarmatur, auch Contractionen erregen können? Bei dieſer Lebhaftigkeit iſt es kaum begreiflich, wie lange man ſich mit unexacten Verſuchen begnügte. Statt ſich ſelbſt Metalle zu reinigen und nur dieſe anzuwenden, agirte man mit Scheeren *) und Feilen, deren Miſchung man nicht kannte. Ja! man drehte ſich immer im Kreiſe um die Verſuche mit kaufbarem Zinne und Eiſen, ungeachtet jedem Chemiſten bekannt iſt, daſs jenes immer mit Blei gemengt, dieſes in einem dreifachen Zuſtande, rein, gekohlt und überkohlt vorkommt. Herr Aldini zu Bologna bahnte endlich einen

*) Valli *exper.* a. a. O. p. 39. Pfaff a. a. O. S. 65. und 158.

neuen Weg. Er zeigte zuerst, wie man mit einem metallischen Fluidum, mit Queckfilber, experimentiren müsse. Er übertraf alle seine Vorgänger in der Mannigfaltigkeit von Versuchen, in der Feinheit des Apparats, in den sinnreichen Anordnungen desselben — aber er ging darauf aus, eine allgemein beliebte Theorie umzustürzen, und es traf ihn daher ein Loos, dem der Physiker in solchem Falle nie entgeht; seine Facta wurden geläugnet, *) man warf ihm vor, dass er sich getäuscht habe.

Ich schreite jetzt zur speciellern Beleuchtung dieser Behauptungen. Herr Galvani gab zuerst Zuckungen als eine Folge homogener Armaturen von Eisen **) an. Der Professor Berlinghieri ***) zu Pisa und Doctor Lind bestätigten diese Angabe, und die *Société philomathique* †) zu Paris fügte noch homogenes Blei und Zinn, als dem Galvanismus günstig, hinzu. Herr Valli bemerkte Contractio-

*) Wie man, um Theorien zu retten, nicht bloss Facta läugnet, sondern selbst gegen die einfachsten Grundsätze der Mechanik und Hydrostatik streitet, davon siehe ein denkwürdiges Beispiel in einem Conflict berühmter, sonst verdienstvoller Männer über ein negativschweres Phlogiston, über den Schwerstoff, das Wiegen der Gasarten in freier Luft und über eine ursprüngliche Expansivkraft des Licht- und Wärmestoffs.

**) Gren's Journal der Physik, B. 6. St. 3. S. 378.

***) Roz. *Journ. de Physique, Avril* 1793. *p.* 289. „C'est à „tort que les physiciens ont dit, qu'il fallait „une hétérogénéité dans les métaux, qui servent d'armatures et d'excitateurs.

†) Eine gelehrte Gesellschaft junger Leute, welche 1788. zusammen trat und ihre Arbeiten während der Revolution fortsetzte.

nen, als er mit den Blättern einer Scheere und der kleinen Schraube, welche jene zusammenhält, zugleich Muskel und Nerv berührte. Den Verdacht, den Zinn und Eisen erregen, habe ich bereits oben geäusert und beim kaufbaren Blei ist ungleiche Vermengung mit Silber nicht weniger zu muthmassen. Herr Pfaff *) reizte die thierischen Organe durch ein einfaches Stück Kupferblech mit Erfolg, blieb aber wegen Mangels an Vervielfältigung seiner Versuche, wie er selbst gesteht, unschlüssig, ob er die Heterogeneität der Metalle für eine unwesentliche oder mit Fowler und Volta für eine wesentliche Bedingung Galvanischer Erscheinungen halten soll. Herr Valli, der über diesen Gegenstand mit Herrn Delametherie und vor den Commissarien der Académie des sciences zu Paris experimentirte, stand anfangs ganz auf Fowlers Seite, **) entschied sich aber nachmals für die Gleichartigkeit der Stoffe. Galvani präparirte einen Frosch auf die oft beschriebene Art, so dass Rumpf und Schenkel nur durch die Ischiadischen Nerven zusammenhingen; jede Extremität lag in einem eigenen Glase voll Wasser, und ein Metallbogen verband sie. Bei jedesmaliger Verbindung trat die Reizung heftig ein. ***)

*) a. a. O. S. 66. und S. 161.

**) *Bibliothèque de Turin* 1792. *Mars.* 268.

***) Auch *Aldini* „Galvaniano enim Commentario perspicuum est (quod nos quoque saepe „experti sumus) ranae musculos nervosque „in vasis duobus aqua plenis demersos, admoto metallico arcu, indubiis cieri contrac„tionibus. En muscularis contractio arcu

Der grofse Phyfiker in Pavia *) konnte bei diefem Verfuche nicht gleichgültig bleiben. Seine Theorie gründete fich auf die Berührung heterogener Stoffe und ein daraus entfpringendes, geftörtes Gleichgewicht im elektrifchen Strome. Diefe Theorie ftürzte ein, wenn Galvani's Verfuche richtig angeftellt waren. Herr Volta übernahm nun eine Arbeit, welche fein grofses Talent über feine, faft unpalpable Gegenftände zu experimentiren in feinem fchönften Lichte zeigt. Sein erfter Brief **) an den Profeffor Vaffali enthält die Refultate diefer Arbeit. Er zeigt darin, dafs Heterogeneität der Metalle gar nicht auf dem Mifchungsverhältnifse derfelben, fondern eben fo fehr auf ihrem Glanze, ihrer Geftalt, Oberfläche, relativer Trockenheit und Temperatur beruhet. Ich wage es nicht, einen Auszug aus diefer fo beredt gefchriebenen Abhandlung zu liefern, und hoffe, dafs das treffliche Original felbft die Aufmerkfamkeit jedes Phyfikers auf fich heften wird.

Ich fah Herrn Volta den gröfsern Theil diefer feinen Verfuche vor meinen Augen anftellen. Ein filberner Bogen, in die Gläfer mit Waffer getaucht, brachte keine Muskelbewegung hervor. Ein Atom Seife, Pflanzenlaugenfalz, Säure, an das eine Ende

„uno, uno metallo comparata!„ *De Animali Electricitate Diff. duae* 1795. *p.* 4. Sonderbar, dafs diefe wichtige Schrift in Deutfchland faft nur aus Citationen aus italienifchen Journalen bekannt ift!

*) Anfangs hielt er Heterogeneität felbft für keine nothwendige Bedingung. Volta's lett. to Mr. Cavallo in *Phil. transact. p.* 93. *P.* 1. *p.* 14.

**) Gren's Neues Journ. B. 2. H. 2. S. 144.

des Bogens gestrichen, stellte sie augenblicklich dar. Beide Enden des Bogens wurden in den Saft von reifen Früchten der Cornus mascula L. getaucht. Der Stimulus blieb aus; das eine Ende ward abgewischt und in eine unreifere Frucht desselben Strauchs gestofsen; nun hielten (in dem Sinne der Hypothese gesprochen) der reife und unreife Saft am Metallbogen sich nicht mehr im Gleichgewicht, und die Reizung erfolgte. Wie sehr mich diese Erscheinung in Erstaunen setzte, als ich sie zuerst sah, davon zeugt mein zweiter Brief über die Muskelfaser an Herrn Blumenbach *)

Ich bin weit davon entfernt, die Thatsachen zu läugnen, welche Herr Volta dem Professor Vassali zu Turin meldet. Ich habe mich durch selbst wiederholte Versuche überzeugt, dafs ein unwirksamer Bogen dadurch wirksam wurde, dafs sein eines Ende 12 Minuten lang in siedendes Wasser getaucht wurde. Es ist unwidersprechlich wahr, erst durch die Beobachtungen des grofsen Ticinischen Naturlehrers erwiesen, dafs

„Thiere, bei denen homogene Metalle „keine Convulsionen erregen, dieselben sogleich erleiden, wenn die Metalle durch die leiseste Abänderung „des Mischungsverhältnisses, der Politur, Härte, Form, Temperatur, ungleichartig gemacht werden.„

*) Gren's Neues Journ. der Physik. B. 2. H. 4. S. 472.

Dieses ist das Resultat jener Versuche, wie mir scheint; nicht aber der Satz, den Herr Volta aufstellt:

„dass, nur unter der Bedingung einer Ungleich-
„artigkeit in den Metallen, Muskularbewegun-
„gen erfolgen können.„

Folgt nach den Gesetzen der Logik daraus, dass, weil tausend Frösche in dem Versuch Fig. 3. nicht eher zucken, als bis der thierische Leiter gegen einen metallenen verwechselt wird, dass alle meine, im ersten Abschnitt entwickelten, mit so vieler Vorsicht angestellten Experimente vom Galvanismus ohne metallische Armatur falsch sind? Folgt daraus, dass alle Physiker bisher nur bei kettenartiger Berührung der Excitatoren mit thierischen Organen Galvanische Erscheinungen bemerkten, dass meine Entdeckung über den Metallreiz ohne Kette Täuschung war? Ein positiver, mit Bedacht angeordneter Versuch beweiset mehr, als zehn negative. Daran sollte uns, mit jedem Athemzuge, eine nahrhafte Flüssigkeit erinnern, die einen Bestandtheil unserer Atmosphäre ausmacht, und deren Besitz man neuerlichst den Quecksilberkalchen ableugnen wollte! Dazu sehen wir ja in unsern Experimenten selbst den Grund, warum die positiven und negativen Fälle beide gleich wahr sind, neben einander bestehen können. Wir wissen, dass in Fig. 9, wenn zwei Zinkplatten sich auf einander, *N* sich auf *M* bewegt, ein Stimulus hervorgelocket wird, ohne dass das Ende *v* den Cruralnerven berührt; wir wissen, dass

thierische Organe, welche nur in Fig. 8. *) Contractionen zeigen, dieselben auch in Fig. 9. erleiden, sobald ihre Erregbarkeit durch alkalische Auflösungen künstlich vermehrt wird. Da demnach alles auf die Stärke des Stimulus und der Erregbarkeit zugleich ankommt, so können negative Versuche nur dann apodiktisch entscheiden, wenn es möglich wäre, an eben so viel Thieren, als es denkbare Grade der Reizempfänglichkeit giebt, das Galvanische Experiment anzustellen. Johannes Aldini zu Bologna schien glücklich ein Mittel entdeckt zu haben, auf welchem die Zweifel des Ticinischen Physikers, durch unendlich sinnreich ausgedachte Instrumente, direct gehoben werden konnten. Er glaubte, seinem Arzte Galvani, **) der ihn eben aus einer schmerzhaften Krankheit errettet hatte, kein schöneres Denkmal seiner Dankbarkeit setzen zu können, als dadurch, daſs er die, gegen denselben gerichtete Theorie von der metallischen Elektricität durch Versuche zu widerlegen suchte. Er sah die Schwierigkeit ein ***) „*ex solidis metallis aliqua reperiri, quae difficilis chemicus omni ex parte homogenea fateatur*,„

*) So undeutsch auch diese Art sich auszudrücken ist, so wähle ich sie doch, weil ein Blick auf die Figur den ganzen Apparat und Versuch ins Gedächtniſs zurückruft, und ich so ermüdenden Beschreibungen entgehe.

**) Aldini a. a. O. p. 4.

***) Im Hause dieses groſsen Entdeckers wurden in den Jahren 1793. und 1794. öffentliche Versammlungen gehalten, in denen man über die thierische Elektricität und ihre Wirkungen disputirte.

und nahm daher zu einer metallischen Flüssigkeit, zum Quecksilber, seine Zuflucht. Die Vorrichtung zu Aldini's Versuchen ist am leichtesten auf seinen trefflichen Kupferplatten (Tab. 1. Fig. 1. 2. 3.) zu übersehen. Zwei flache Schalen von Glas stehen über einander, und sind durch eine senkrechte Röhre verbunden, welche gleichsam den Fuss der obern Schale ausmacht. Der Cruralnerv eines Frosches wird in diese, der Schenkelmuskel in das untere Gefäss getaucht. Indem nun Quecksilber durch die geöffnete Röhre aus dem obern in das untere herabfliesst, so erfolgen lebhafte Bewegungen. Das Quecksilber bildet hier gleichsam einen leitenden Bogen zwischen Nerv und Muskel. „*An forte* (wendet Aldini selbst ein) *dilabens mer-* „*curius a vitreis, in quos offendit, parietibus electrici-* „*tatem extricat, quemadmodum superior barometri pars* „*vel levi facta oscillatione hydrargyri, splendida illico elec-* „*trica luce corruscat? qui id metuat, vitreis adhibitis* „*vasis, lignea sufficiat, agnoscetque statim se ea de re* „*temere dubitasse.*„ Um in diesen Versuchen das Eintauchen des Rückenmarks in das Quecksilber zu erleichtern, und zwar so, dass die Medulla von allen Seiten in Contact mit der metallischen Flüssigkeit sey, ersann Herr Aldini einen Heber mit einer sehr engen und einer wohl sechsfach weitern Röhre. Die Ränder der letzteren waren nach innen umgekrempt (Fig. 15.) und bildeten gleichsam einen Trichter, dessen Bodenöffnung mit einem Stöpsel verschlossen wurde. Dieser Trichter empfing die Schenkel, der Siphoarm aber das Rückenmark des Thieres.

Das Queckſilber wurde durch dieſen eingegoſſen, und als es bei geöffnetem Trichter in dieſen ſtieg und die Schenkel berührte, erfolgten die convulſiviſchen Bewegungen. Daſs dieſelben keine Folge eines mechaniſchen Reizes ſind, nicht durch den Stoſs des Queckſilbers gegen den Nerv entſtehen, wird *) durch mannigfaltige Gegenverſuche erwieſen. Um endlich den homogenen Conductor in ſeiner ganzen Einfachheit darzuſtellen, läſst man die untern Extremitäten eines Froſches in einem Gefäſse mit Queckſilber ſchwimmen. Die Galvaniſchen Erſcheinungen ſtellen ſich ſogleich ein, als man die Medulla ſpinalis, welche ſammt den Iſchiadnerven an einem trocknen Faden in die Höhe gehalten werden, auf das flüſſige Metall leiſe herabſenkt. Eben dies glückt an den Nerven warmblütiger Thiere, **) an Hünern

*) a. a. O. p. 7.

**) "Cum experimenta haec Galvaniano, cujus "conſilium ſaepiſſime audiebam, obſervan"da, ac perpendenda exhiberem, doluit ipſe "in ſolis ranis fuiſſe eadem inſtituta, horta"tusque eſt, ut ad calidi ſanguinis animantia "traducerem. Amiciſſimae autem querelae "debuit ſtatim poenas luere. Nam cum ejus "generis experimentorum peritus proſector "eſſet diligendus, ad Galvanium ipſum con"fugi, illud nempe ratus, *animalem electricita"tem ſui quodammodo parentis adſpectum veritam, ab "eodemque pertractatam* facilius prodituram. (!) "Itaque diſſectum aut pulli aut agni crus ma"nu verticali poſitu ſuſtineo, ſic quidem ut "nudati muſculi cum hydrargyro communi"cent, evehoque cruralem nervum, armatu"ra nulla munitum, ut relictus ſibi mercurii "libellam attingat pro voluntate: id dum fit

und Schafen. Aus diesen Versuchen zog Herr Aldini den Schluss (*l. c. p.* 17.) „*nihil oportere dissimilia in gignendis contractionibus metalla usurpare, unum „satis esse; id argentum, atque praesertim aurum in ro„bustioribus animantibus praestare. Si quid*, setzt er hin„zu, *in solidis metallis heterogeneitatis suspicio supersit*, „*avertitur facile, si fluido metallo, nempe chemicis artifi„ciis expurgato hydrargyro utaris*.„

Allen diesen schönen, so mannigfaltig abgeänderten Versuchen setzt Herr Volta entgegen, „dass „sie nur den verführen können, der ihnen nicht auf „den Grund geht, der nicht selbst Verstand und „Hände ans Werk legt.„ Von dem Princip ausgehend, dass darum, weil viele Individuen nur von heterogenen Metallen gereizt werden, keines durch gleichartige Contractionen leiden könne, läugnet er die Thatsachen, welche Aldini aufstellt, versichert, dass alle Phänomene des Galvanismus sich auf das einzige Gesetz der Heterogeneität reduciren lassen, „und dass darüber nun nichts mehr zu „sagen übrig wäre.„ Er wendet gegen die Versuche mit Quecksilber ein: 1) dass die Chemie einen grossen Unterschied zwischen der Oberfläche einer Quecksilbermasse und ihrem Innern finde, dass jene durch die Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs einen Anfang der Calcination leide, und dass Aldini's Bogen daher (da die thierischen Organe ungleich eingetaucht wurden) nur scheinbar homogen war;

"tremores, contractionesque in crure uni"verso vehementes conspicio." Aldini *l. c. p.* 6.

2) daſs in Aldini's Verſuchen vom Queckſilber ein Stoſs ausgeübt werde, und daſs, wenn dieſer Stoſs an beiden Enden des Bogens nicht gleich ſey, ſchon darin eine Urſach der Ungleichartigkeit liege, weil die Elektricität dadurch ungleich frei gemacht, der einen Metallmaſſe ein Uebergewicht über die andere (als Antagoniſten) ertheilt würde. *)

*) Hier des groſsen Mannes eigene Worte: "Ueber Aldi-"ni's Erfahrungen mit Queckſilber, auf die er ſich be-"ſonders viel zu gute thut, da er dies Metall im Zu-"ſtand ſeiner Reinigkeit von aller Ungleichartigkeit frei "ſpricht, muſs ich noch etwas hinzuſetzen. Ich ſage "nemlich, daſs der ſchwierige Chemiſt, den Aldini "auffordert, zwiſchen den Theilen eben dieſes rectificir-"ten Queckſilbers mit allen Hülfsmitteln der Kunſt einen "Unterſchied zu finden, ihn allerdings findet, und zwar "einen ſehr groſsen, zwiſchen den innern und den "oberflächlichen Theilen deſſelben; die letztern erlei-"den an der Luft einen Anfang der Calcination, beſon-"ders wenn ſie geſchüttelt werden. Welch Wunder da-"her, daſs Muskularzuſammenziehungen erfolgen, wenn "die Schenkel des präparirten Froſches blos die Ober-"fläche des Queckſilbers berühren, und ein Stück des "Rückgrades tiefer in der Maſſe des Queckſilbers liegt, "wie es in den hier beſchriebenen Verſuchen der Fall "iſt; und wenn der erwähnte Unterſchied des Zuſtandes "des Queckſilbers an beiden Stellen ſtatt findet? Das "Queckſilber, welches Aldini als das ſicherſte angiebt, "iſt noch verdächtiger und unſicherer, als zwei Stücke "Blei, die von einem Streifen genommen ſind. — Ich "muſs aber auch eine andere Exception gegen ſeine Ver-"ſuche erheben, und hier noch eine nothwendige Rück-"ſicht in Anſehung des Contacts anführen. Die Arma-"turen von einem und demſelben Metalle, die einander "ſo viel als möglich ähnlich ſind, müſſen auch auf einer-"lei Art angebracht werden, wenn wir in Anſehung der "Nerven und Muskeln, die ihre gröſste Empfänglichkeit "haben, ſicher ſeyn wollen. Wenn dieſes nun in den "Erfahrungen, die man mir entgegenſetzt, nicht beob-

Der Ticinische Physiker setzte also den Thatsachen des Herrn Aldini rationale Zweifel entgegen. Es würde nicht schwer seyn, auch diese mit neuen Muthmaſsungen zu beantworten; da es mir aber einfacher schien, Facta so lange durch Facta zu prüfen, als der Streit Gegenstände des äuſsern Sinnes betrifft, so sann ich alsbald auf Versuche, welche jene Zweifel heben könnten. Meine Vorrichtung war diese: Ich reinigte Queckſilber so viel, als es die Lehrbücher der praktischen Chemie angeben. Es hatte die Destillation, häufiges Durchpressen durch Leder, und Waschen mit Seifenwasser, Weinessig und Alkohol erlitten. Es hatte alle Kennzeichen, welche man von einem reinen, mit Blei, Zinn, Wismuth, Staub und Fett nicht vermengten Quecksilber angiebt. Es war vollkommen flüssig, lieſs sich in vollkommen runde Kügelchen zertheilen, ohne anzuhängen, oder Schmutz zurück zu lassen. Seine Oberfläche war spiegelhell, ohne Häut-

"achtet worden ist, wenn dabei keine solche Gleichheit "auch in dieser Rücksicht gewesen ist, so kann ich immer "sagen, daſs eines von den beiden Metallstücken durch die "solchergestalt verschiedene Art der Applicirung über das an-"dere das Uebergewicht gehabt habe, wenn sie auch von "einerlei Art und im übrigen gleich waren. Vor allen Din-"gen muſs man jeden Stoſs vermeiden, der keinen geringen "Einfluſs haben und dem einen Metalle ein gröſseres "Vermögen, das elektrische Fluidum in Bewegung zu "setzen, ertheilen kann, wodurch es seinem Antagonisten "überlegen wird. Aber eben dieser Stoſs hat bei den, "in dem neuen Werke erwähnten Versuchen statt, wie "man aus den Figuren und der Beschreibung sehen "kann." Gren's Neues Journ. B. 2. H. 2. S. 159. (Note).

chen, oder eine Spur von farbigen Striemen. Kleine Quantitäten davon im Mörser mit Wasser gerieben, gaben dem Wasser keine Farbe. In Salpetersäure ohne merkliches Brausen aufgelöset, hinterliessen sie keinen schmutzigen Niederschlag. Ein grosser Theil dieses gereinigten Quecksilbers wurde in drei verschiedene porzellanene Schalen gegossen. Ich raisonnirte nemlich so: mit jeder Berührung der metallischen Oberfläche durch thierische Theile wird dieselbe nothwendig verunreinigt. Diese, auch noch so schwache, Verunreinigung könnte als eine Ursach der Heterogeneität angegeben werden, und in einer Schale konnte also nur ein Versuch, und zwar nur der erste, gültig seyn, um Herrn Volta's Zweifel zu heben.

Ich präparirte nun mehrere Froschschenkel dergestalt, dass der Cruralnerv und ein Bündel Wadenmuskel zu gleicher Länge herabhingen, wenn die Extremität in wagrechter Stellung lag. Eine Glasröhre *a b* (Fig. 16.) wurde über der Schale mit Quecksilber horizontal befestigt, und um dieselbe waren zwei seidene Fäden gewickelt, in denen der Schenkel *) schwebte, dergestalt, dass nach Willkühr der Nerv *m*, oder der Muskelbündel *n*, tiefer niedergesenkt werden konnte. Ich liess nun den ganzen Schenkel wagerecht, bis auf zwei Linien Entfernung, gegen die Schale herab, dann verlängerte ich blos den Faden *o*, so dass der Nerv die metallische Ober-

*) Es bedarf keiner Erinnerung, dass der Schenkel von Blut so gereinigt seyn muss, dass kein Tröpfchen desselben aufs Metall herabträufelt.

fläche berührte. Es entſtand keine Zuckung. Kaum kam aber auch *n*, durch die Verlängerung von *p* in Contact, ſo war die ganze Extremität convulſiviſch erſchüttert. Dieſer Verſuch wurde behutſam in den andern zwei Schalen wiederholt, und mit gleichem Erfolge. Es war beſonders auffallend, daſs die Muskelbewegung heftiger war, wenn erſt *n*, und dann *m*, als umgekehrt, das Queckſilber berührte. Die Berührung geſchah aber zu beiden Seiten blos in der Oberfläche; kein thieriſcher Theil wurde eingetaucht, und das Herabſenken geſchah ſo leiſe, daſs jener Verdacht des Stoſses, den Herrn Aldini's Verſuche mit Siphonen und herablaufendem Queckſilber billig erregten, hiebei ganz wegfiel. Ja! was noch mehr für meine Behauptung entſcheidet: ich legte einmal (bei einem ſehr lebhaften Individuum) zwei homogene Stücke feuchtes Muskelfleiſch in *r* und *s* auf das metalliſche Fluidum. Sie bildeten kleine Säulen von 1 — 1½ Linien Höhe. Indem nun der Schenkel ſich ihnen ſo näherte, daſs der Contact bei dem Nerv anfing, ſo war der Stimulus zu ſchwach, und es erfolgte keine ſichtbare Bewegung. Ward aber der, aus dem Waden herauspräparirte Muskelbündel zuerſt gegen *s* herabgeſenkt, und traf dann erſt *m* die Säule in *r*, ſo ward der Schenkel kräftig erſchüttert. Bedeckten hingegen in *r* und *s* zwei Streifen trocknes Papier das Queckſilber, ſo fehlten alle Galvaniſche Erſcheinungen, *m* und *n* mochten noch ſo heftig zum Contact niedergelaſſen werden. Wenn die thieriſchen Organe in unmittelbare Berührung mit dem Queckſilber treten, ſo gehört gar

kein hoher Grad der Empfänglichkeit dazu, um Reizungen zu erregen. Diefs beweifen meine vielfältigen Erfahrungen darüber, und das Zeugnifs mehrerer Perfonen, welchen ich diefe Verfuche zeigte. Wenn ich den Contact der muskulöfen Fibern dadurch vermehrte, dafs ich entweder *n* an dem untern Ende fehr breit präparirte, oder gar (Fig. 17.) den Schenkel bei den Zehen anfafste und den Cruralnerv fammt einem Theil der Lende einfenkte, fo mifsglückte mir der Verfuch bisher auch nicht ein einziges mal, ja ich konnte ihn meift 15 bis 18 Minuten lang fortfetzen. — Ich bitte nun einen jeden unparteiifchen Richter, zwifchen Herrn Volta und mir zu entfcheiden. Ich ging mit Mifstrauen an diefe Verfuche, weil es mir gewagt fchien, einen folchen Experimentator zu widerlegen. Aber wo bleibt hier der Verdacht der Heterogeneität des Metalls, des ungleichen Einfenkens, des ungleichen Stofses der Theile? Der Verfuch glückt mir immer fchon beim erften Einfenken, glückte in allen Puncten. Erlauben nun wohl die Regeln, nach denen wir bei andern phyfikalifchen Erfcheinungen fchliefsen, jedes chemifch gereinigte Queckfilber in allen Puncten für ungleichartig zu halten?

Ich füge zu diefen einfachen, wie mich dünkt, ftringent beweifenden Experimenten mit homogenen Metallen andere hinzu, welche verwickelter und eben darum weniger entfcheidend find. Ohne jene würde ich diefe weggelaffen haben; nach jenen aber dienen fie dazu, um zu zeigen, wie fich alles

auf ein allgemeines Geſetz reduciren läſst. — Der Cruralnerv einer Maus, die ſehr lebhaft war, erregte heftige Zuckungen, wenn er mit einer iſolirenden Pincette in die Höhe gehalten wurde, und dann ſanft, etwa 3 Linien hoch, auf eine Zinkplatte herabfiel. *) Ich glaubte anfangs, die mechaniſche Erſchütterung ſey die Urſach davon. Ich belegte den Zink mit Glas oder Papier, ich warf den Nerv mit ziemlicher Kraft gegen Silber oder Blei, aber die Reizung erfolgte nicht. Eine ganz ähnliche Erſcheinung bot mir der Nervus iſchiadicus eines Froſches dar. Sie dauerte an 5 Minuten, und aus allen Gegenverſuchen war nur zu ſchlieſsen, daſs der Nerv in mehrern Puncten berührt werde, und daſs zwiſchen dieſen der homogene Zink gleichſam den Conductor machte, eben ſo, als wie bei heterogenen Metallen ſich zwei an einem Nerven angebrachte Armaturen berühren. Im Jahr 1794 hatte ich vor Poſen an einem kühlen, etwas feuchten Frühlingsmorgen, an dem alle Thiere ſehr reizempfänglich zu ſeyn pflegen, eine Eidexe (Lacerta agilis) gefangen. Ich präparirte den Nervus radialis der vördern Extremität. Er lag auf Glas. Ich berührte nun den Muskel mit dem bloſsen, trock-

*) Dieſer Verſuch könnte den Zweifel erregen, ob nicht auf ähnliche Weiſe oben (Fig. 9.) durch die Erſchütterung von M eine Leitung von einem Theile des Nerven in den andern entſtanden ſey, wodurch der Begriff von Reizung ohne Kette entfernt würde. Aber ich erinnere, daſs die Urſach der Reizung dort nicht Erſchütterung war. Der Verſuch gelang in Fig. 10. nie, wenn N mit Knochen, Stein oder andern nicht excitirenden Stoffen verwechſelt ward.

nen Finger der rechten Hand, den Nerv aber mit einer silbernen Pincette, die ich in der linken hielt. *) Die Convulsionen waren heftig, besonders wenn der Contact mit dem Finger am Muskel zuerst geschah. Eben dieser Versuch glückte mir in diesem Jahre mehrmals an Fröschen, und es war gleichgültig, ob ich die Pincette mit Zink, Blei, oder einer Goldmünze verwechselte. Die Zuleitung ging dennoch (Fig. 18.) durch die thierischen Theile meiner Hand, vom rechten Arme in den linken, und von da, durch das Metall *r*, in den Nerv. Die Contractionen waren stark oder schwach, nach dem specifiken Unterschiede der Metalle, zum Beispiel bei Zink stärker, als bei Blei, oder Eisen. Bei einer stark legirten Silbermünze, die ich auf den Schenkel legte, und mit dem reinen Silber *r* berührte, bemerkte ich aber keine Verstärkung des Effects. Die homogene Armatur schien, bei diesem Grade der Erregbarkeit, wie die heterogene zu wirken.

Eben so bemerkte ich mehrmals Contractionen, wenn (Fig. 19.) ein Nerv *m*, dessen Reizempfänglichkeit durch alkalische Solutionen erhöht war, auf Zink *p* lag, und dieser *p* in irgend einem Puncte durch ein Stück frisches Muskelfleisch, oder einen getrennten Nerven *n*, mit dem Schenkel verbunden ward. Sie waren vollkommen so stark, als bei zwei

Arma-

*) Einen ähnlichen Fall beobachtete Herr Gren in dem interessanten Aufsatze: Journ. der Physik B. 6. H. 3. S. 404. und Valli a. a. O. S. 176. Herr Pfaff hat daher unrecht, wenn er diese Erscheinungen leugnet, a. a. O. S. 338.

Armaturen von Zink und Silber, verschwanden aber augenblicklich, wenn *p* mit einem Goldstücke verwechselt, oder statt *p* (Fig. 20.) zwei sehr verschieden legirte, auf einander liegende Silbermünzen *q* und *r* (zum Beispiel Conventionsgeld und preussische Groschen) als Nervenbelegung genommen wurden. Dieser letztere Umstand, welchen ich dreimal an verschiedenen Individuen beobachtete, scheint sehr für die specifike Wirkung homogener Metalle zuzeugen. In Bern secirte ich einen Frosch, dessen Erregbarkeit durch kein chemisches Mittel verändert war. Ich theilte den präparirten Cruralnerv in zwei Stücke, legte den noch in dem Muskel inserirten *a* auf Zink, und berührte dann diesen und den Zink mit dem getrennten Nervenstück *b*. Wo ich *b* an das Metall herausschob, und war es auch nur (Fig. 22.) in der Entfernung einer achttheil Linie von *a*, erfolgten die Galvanischen Erscheinungen. Ja, im Fall von (Fig. 19.) kann das leitende Stück ganz entbehrt werden. Die Convulsion entsteht schon, indem man den Schenkel mit einer trockenen Glasröhre (Fig. 21.) in der Gegend von *c* an den Zink heran schiebt. Dann bildet *p* eben so, als das Quecksilber in Fig. 16. einen Bogen zwischen Nerv und Muskel. Dann frage ich mit Aldini: „*quod si arcum in suis variis* „*partibus scrutatus heterogeneum suspiceris, quid causae* „*est, cur perpetua dubitatione heterogeneos accuses reli*„*quos innumeros, quibus eadem excitari contractio pote*„*rat?*„

Ich schliesse diesen Abschnitt über homogene Leitung mit einem Versuche, welcher ungemein auf-

fallend ist. Ich hatte zwei Frösche, deren Schenkel mit Zink und Silber nur schwache Contractionen äusserten. Ich benetzte ihre Cruralnerven theils mit oleum tartari per deliquium, theils mit überfaurer Kochsalzsäure. Sie zuckten zu meiner Verwunderung gar nicht, wenn die Muskelarmatur von Silber die Nervenarmatur von Gold berührte. Ich zerbrach nun eine Stange wohlgereinigten Zink, legte den Nerv auf die eine Hälfte *p*, und verband durch die andere Hälfte den Schenkel und dies *p*. Es entstanden lebhafte Convulsionen im Augenblick des Contacts. Dieselbe Erscheinung zeigten drei Schenkel mehrere Minuten lang. Darf man wohl annehmen, dass zwei Hälften einer Zinkstange heterogener als Gold und Silber sind?

Es giebt der Fälle so viele in der Physik und Chemie, wo Versuche gegen Versuche kämpfen, und wo der bedächtige, mit seinem Beifall nicht verschwenderische Zuschauer, doch unentschieden und missmuthig den Kampfsplatz verläst. Die Gleichartigkeit der excitirenden Stoffe gehörte bisher zu diesen streitigen Objecten. Möchte ich mir mit der Gewissheit schmeicheln dürfen, durch meine angeführten Beobachtungen auf reine Resultate geleitet zu haben. Ich sehe neuen Zweifeln auch über meine Experimente (selbst über das in F. 12. *a*) entgegen. Aber es scheint mir schon immer viel gewonnen zu seyn, die ältern entfernt zu haben. Mögen wir nur nie vergessen, dass wir innerhalb der Grenzen menschlicher Wahrnehmung bleiben müssen; mögen wir nie die ungerechte Forderung an uns selbst hegen, eine meta-

physische Einerleiheit der Qualität apodiktisch erweisen zu sollen.

Vierter Abschnitt.

Zustand erhöhter Erregbarkeit — Leitung durch homogene Excitatoren in fünf verschiedenen Fällen. — Zustand minderer Reizempfänglichkeit der Organe — Heterogene Armaturen, welche sich unmittelbar, oder durch excitirende Zwischenglieder berühren — Kette von homogenen Nerv- und Muskelarmaturen, zwischen denen ein heterogenes Metall liegt, dessen eine Fläche mit einer verdampfenden Flüssigkeit belegt ist — Hauchversuch — Erweis, dass thierische Stoffe aus der Entfernung wirken — Unsichtbare leitende Atmosphäre — Ihre Grenzen werden durch die Lebenskraft bestimmt.

I. Wenn heterogene Metalle, oder kohlenstoffhaltige Substanzen im Zustand der erhöhten Erregbarkeit, Galvanische Erscheinungen hervorbringen sollen, so ist es hinlänglich, dass in der langen Kette leitender Körper zwischen der sensiblen und irritablen Fiber irgendwo zwei ungleichartige Excitatoren vorkommen. Ich sage mit Bedacht: irgendwo; denn zahllose Experimente, oft selbst an wenig lebhaften Ratten, Vögeln, Fröschen und Eidexen haben mich belehrt, dass die Reizung erfolgt, die silberne Pincette *s* (Fig. 8.) mag den Zink unmittelbar berühren, oder es mag (Fig. 1.) zwischen dem Nerv und Muskelreizer noch eine feuchte, leitende Substanz *a* liegen. Ja, ich habe bei einigen Individuen die

Zuckungen, im letztern Fall, bisweilen nicht eher erfolgen sehen, als bis die Reizempfänglichkeit durch alkalische Solutionen erhöht war. Die Kette Fig. 1. war also bei natürlich hoher oder künstlich erhöhter Erregbarkeit constant positiv. *)

Ich erstaune, daſs den Herren Volta, **) Fowler, ***) Valli †) und Schmuk ††) diese Beobachtungen entgingen; noch mehr darüber, daſs Herr Pfaff den groſsen Bologner Entdecker gar eines Irrthums öffentlich zeiht, weil dieser sah, was jenem entging.

„Meinen wiederholten Erfahrungen nach, „sagt Herr Pfaff ausdrücklich, †††) „kann ich Galva-„ni's Behauptung, wie wenn eine Leitung von der „Muskelarmatur zur Nervenarmatur durch frische „thierische Theile Zuckungen zu erregen im Stande „wäre, als Irrthum erklären. Unmittelbare Berüh-

*) Dahin gehört die Beobachtung, welche Herr Galvani gleich in den ersten Tagen nach der bekannten Entdeckung am Gartengeländer anstellte. "Während daſs "er mit einer Hand das präparirte Thier an dem Haken "so hielt, daſs es mit den Füſsen den Boden eines klei-"nen silbernen Beckens berührte, kam er mit der andern "Hand auf die Fläche, worauf die Füſse des Thieres lagen, "ohne darauf Acht zu geben; es entstanden heftige "Zuckungen, die sich erneuerten, so oft er dieselben "Bewegungen machte." Gren's Journ. B. 6. H. 3. S. 378.

**) Schriften über thierische Electricität S. 11.

***) *Experiments* a. a. O. S. 4.

†) a. a. O. S. 48.

††) Beiträge zur nähern Kenntniſs der thierischen Elektricität. Manheim 1792. S. 43.

†††) a. a. O. S. 55. und 207.

„rung der Armaturen unter einander, oder Verbin„dung durch einen Excitator wird zur Erregung „der Erscheinungen nothwendig erfordert. Verbin„dung derselben durch blosse Conductoren der thie„rischen Elektricität schliesst dieselbe aus.„ Diese Behauptung ist so grundlos, dass es mir einmal bei einem sehr lebhaften Frosche glückte, in Fig. 1. das Muskelfleisch *a* über $\frac{1}{4}$ Zoll hoch aufzuthürmen und doch Contractionen zu erregen, indem die Pincette diesen Haufen berührte. Eine Substanz kann daher ein wirksames Zwischenglied zwischen dem Nerv und Muskelreizer seyn, ohne für sich in die Classe der sogenannten Excitatoren zu gehören. Mangelhaft abgeänderte Versuche haben daher Herrn Pfaff zu einem unrichtigen Kriterium verführt, wenn er sagt: „es ist ein leichtes und sicheres Mittel, „zu erfahren, ob ein Körper sich als Excitator für „die thierische Elektricität verhalte, oder nicht, wenn „man beobachtet, ob er bei der Anwendung einer „wirksamen Muskulararmatur lebhafte Zuckungen als „Verbindungsglied zwischen dieser und der Nerven„armatur erregen wird.„ Es ist mir nie geglückt, in Fig. 3, bei den erregbarsten Organen, mit nassem Tuche wirksam zu reizen; aber ich habe oft in Fig. 1. das *a* mit nassem Tuche, Zwirne und Leder vertauscht, ohne die Galvanischen Erscheinungen auszuschliessen! Nimmt man hingegen alle feuchte Stoffe, sammt den Metallen als Excitatoren an, so bedarf es keines Mittels, diese von den Leitern zu unterscheiden.

Die Contractionen erfolgen demnach im Zustande grosser Reizempfänglichkeit:

wenn heterogene Metalle Nerv und Muskel bewaffnen, und sich unmittelbar, oder mittels eines feuchten leitenden Körpers berühren;

wenn homogene Metalle am Nerv und Muskel liegen, beide aber durch ein heterogenes Metall verbunden sind;

wenn (Fig. 23.) homogene Metalle *a* und *b* den Nerv und Muskel bewaffnen, beide aber mittels zweier feuchten Substanzen *c* und *d* mit einem heterogenen Metalle *e* verbunden sind;

wenn in der Kette (Fig. 24.) zwischen Nerv und Muskel mehrere Metalle *a*, *c*, *e*, *g*, *k*, mit Stücken Muskelfleisch *b*, *d*, *f*, *h*, abwechseln und unter allen Metallen nur ein homogenes *e* ist;

wenn in allen genannten Fällen Nerv und Muskel nur mittels einer feuchten leitenden Substanz mit der Armatur in Verbindung sind.

Die Aufzählung dieser fünf Hauptfälle, welche nach den Regeln der Combination noch mannigfaltig abgeändert werden könnten, gründet sich auf eine Reihe sorgfältig angestellter Versuche. Ich hatte bei meinem ersten Aufenthalte zu Bern das Vergnügen, die meisten derselben dem scharfsinnigen Physiker, Herrn Tralles zu zeigen, und ihn von den Widersprüchen zu überführen, welche zwischen diesen Erfahrungen und der Theorie vom zerstörten elektrischen Gleichgewichte obwalten. Der dritte

Fall Fig. 23, wo das einzige heterogene Metall mit zwei gleichartigen thierischen Stoffen auf beiden Flächen belegt ist, war der genauesten Ausmittelung werth, da er nach der Voltaischen Hypothese schlechterdings keine Contractionen erregen sollte. Ich habe ihn aber mehrmals bei sehr lebhaften Individuen, im November des verflossenen Jahres, als positiv erfunden. Die Nervenarmatur *a* war Silber, eben so die Pincette *b*. Die Stücke *d* und *c* waren Hälften einer gewiss homogenen Froschleber. Die Zuckungen erfolgten, ohne dass das Zinkplättchen *e* weder mit *a*, noch *b* in Contact trat. Noch mehr! Ich wollte meinem Freunde, Herrn Freiesleben dieses Cardinalexperiment zeigen. Der Schenkel war lebhaft genug, um gereizt zu werden, als *b* das Gold *e* unmittelbar berührte, aber nicht als zwischen *e* und die Muskelarmatur noch der leitende Körper *d* trat. Ich vermehrte nun die Erregbarkeit des Organs, und benetzte den Nerv mit einigen Tropfen Oleum tartari per deliquium. In wenigen Secunden äusserte sich der Stimulus in sichtbaren Muskularbewegungen. Ich träufelte etwas Salzsäure auf die sensible Fiber, das Alkali wurde gebunden, die Erregbarkeit war herabgestimmt, und nun — nun traten die Galvanischen Erscheinungen nur unter der Bedingung ein, dass *b* und *e* sich ohne Zwischenmittel berührten!

So hängt im wandelbaren thierischen Stoffe alles von der Erregbarkeit der Fiber ab. Ein Stimulus zaubert gleichsam die mannigfaltigsten Erscheinungen hervor. Was uns heute erschüttert, läſst

uns morgen unerregt. Hüten wir uns daher, aus nicht erfolgter Reizung auf die Abwesenheit des Reizes zu schliessen. Dürfen wir glauben, dass der Alkor bei der Helle des Tages weniger Licht auf unsern Erdball sende, als im Dunkel der Nacht, weil unser Auge in dieser des Eindrucks empfänglicher, als in jener ist?

II. Wenn sich die belebten Organe im Zustande minderer, wenigstens nicht erhöhter Erregbarkeit befinden, so erfordern sie einen heftigen Reiz, um Muskularbewegungen zu zeigen. Alle vorgenannte Fälle, in denen blos thierische Stoffe, oder homogene Metalle, oder heterogene ohne Kette applicirt werden, schliessen dieselben aus. Die Galvanischen Erscheinungen erfolgen dann nur unter den zwei Hauptbedingungen, dass 1) heterogene Muskel- und Nervenarmaturen sich unmittelbar, oder durch excitirende Zwischenglieder berühren, und 2) dass homogene Muskel- und Nervenreizer mittels eines heterogenen Metalls verbunden sind, dessen eine Fläche nur mit einer verdampfenden Flüssigkeit belegt ist. Die erste Bedingung ist Fig. 8. dargestellt, und hier der einfachste und am frühesten beobachtete Fall. Herr Galvani steckte metallene Haken in die Spina dorsi der Thiere, und drückte sie entweder gegen metallene Flächen, oder verband den Haken mittels metallener Bogen mit den Extremitäten, die er reizen wollte. Herr Creve umwickelte den Nerv mit Stanniol und bewegte ihn nun dergestalt auf einer Silbermünze, dass

auch diese den Nerven mit berührte. *) Herr Achard, **) der die mannigfaltigsten Versuche über den Galvanismus anstellte, welche leider! (so wie die der Herren Sömmering, Blumenbach, Herz, Kielmeyer und Ash) dem Publicum noch nicht öffentlich mitgetheilt worden sind, Herr Achard bediente sich dünner, silberner Pincetten und Metallplättchen von 4 — 6 Quadratzollen, welche auf Glas liegen. Sein Apparat ist auch zu den Voltaischen Zungenversuchen sehr bequem, und die Pincetten gewinnen dadurch, dass man ihren einen Schenkel in eine breitgedrückte Kugel endigen lässt, um dem Muskel mehr Fläche darzubieten. Herr Volta zeigte mir Galvanische Stangenzirkel von einer merkwürdigen Construction. Der eine Fuss war von Silber und fest, der andere beweglich, so dass er herausgenommen und Metallplättchen an seine Stelle eingeschroben werden konnten. Er bildete gleichsam einen Entlader, dessen eines Ende aus Silber, das andere willkürlich bald aus diesem, bald aus jenem Metalle bestand. Alle diese Vorrichtungen unterscheiden sich nur dadurch von ein-

*) Diese Mitberührung ist wesentlich nothwendig, und die Crevische Applicationsmethode daher unrichtig beschrieben in Gren's Journ. B. 7. S. 323.

**) Dieser genievolle, oft verkannte Physiker, welcher ein Pristleysches Talent im Ersinnen von Experimenten besitzt, hat die reinsten Metallkönige bereitet, mit welchen je galvanisirt worden ist. Von ihm sind daher auch über relative Excitationskraft der Metalle die einzigen genauen Versuche zu erwarten. Er hat der königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin mehrere Abhandlungen über diesen wichtigen Gegenstand im Jahr 1793. vorgelegt.

ander, daſs Muskel- und Nervenarmatur in einigen feſt mit einander verbunden ſind, in andern auf einander bewegt werden können. Sie reduciren ſich indeſs alle auf das durch Fig. 8. ausgedrückte Geſetz.

Die Muskularbewegungen erfolgen nicht minder, wenn *r*, *u*, *t* ſich nicht unmittelbar berühren, ſondern durch andere excitirende Stoffe, Gold, Blei und Eiſen verbunden ſind. Wie es aber im Zuſtande der erhöhten Reizbarkeit zur Erregung der Contractionen gar nicht erforderlich iſt, daſs in der Kette zwiſchen den irritablen und ſenſiblen Organen zwei excitirende Subſtanzen in unmittelbarer Berührung mit einander ſind, ſo iſt es bei minderer Reizempfänglichkeit nothwendig, daſs dieſe Bedingung erfüllt werde. Ich habe mehrmals beobachtet, daſs, (Fig. 25.) wenn das Muskelfleiſch *b* auf dem Zinke *a* lag, der Contact der ſilbernen Pincette *k* mit *b* keine Reizung hervorbrachte. Kaum legte ich auf *b* noch ein Metallplättchen *c* (ſey es Silber, Gold, oder Blei) und berührte dies mittels *k*, ſo waren alle Galvaniſche Erſcheinungen hervorgerufen. Eben dieſes bemerkte ich in dem zuſammengeſetztern Falle Fig. 26. Der Nerv war mit Zink *a*, der Muskel mit Silber *e* armirt. Auf *a* legte ich mit abwechſelnden Schichten Gold *a* und Muskelfleiſch *b* und *d*, auf *e* eben ſo das Metall *g* und die feuchten Theile *f* und *p*. Die ſilberne Pincette *k* verband nun *d* und *h*, — aber ohne Erfolg. Das Galvaniſiren glückte nicht eher, als bis auf *d*, oder *h* (Fig. 27.) noch ein Metallplättchen *m* ruhte, und dies *m* mit *k* in Contact trat.

Die unmittelbare Berührung zweier Metalle muſs aber heterogene, nicht homogene, Metalle treffen. Ich habe zum Beiſpiel häufig Zuckungen erregt, wenn in Fig. 25. *a* und *e* von Gold, *k* aber von Silber war. Legte ich hingegen (Fig. 28.) dies Goldſtück *c* unter *b*, ſo daſs Gold auf Gold ruhte, ſo blieben die Contractionen aus. Man glaube nicht, daſs dieſes Ausbleiben dann davon herrühre, daſs bei ſolcher Application der Excitatoren *a* und *c* nicht erſchüttert werden, indem ſich die Kette *a*, *c*, *b*, *k*, *l* ſchlieſst. Zwar habe ich es durch mannigfaltige Verſuche beſtätigt gefunden, daſs bei ſehr matten Thieren, im Zuſtande der deprimirten Lebenskraft, Erſchütterung der Metalle allerdings wirkſam iſt. Dieſe Urſach tritt aber hier nicht ein. Denn die Reizung entſtand ſogleich, als ich ſtatt *c* eine Silbermünze auf *a* legte. Iſt aber, wie vorhin, *c* und *a* Gold, ſo ſind beide Metalle wegen des Contacts als ein einziger zu betrachten, und der Fall Fig. 28. reducirt ſich auf den Fig. 1., der nur bei hoher Reizempfänglichkeit poſitiv iſt.

In abwechſelnden Ketten von Excitatoren und bloſsen Leitern erfolgen demnach im Zuſtande minderer Erregbarkeit der Organe, die Contractionen, wenn eines der metalliſchen Zwiſchenglieder nur auf einer Fläche mit einem Leiter in Berührung iſt. Nach dieſem untrüglichen Geſetze iſt in verwickelten Fällen, wie Fig. 24. 26. 27. und 28. der Erfolg, das Gelingen und Nichtgelingen des Verſuchs, ſicher vorher zu beſtimmen.

Ueberaus merkwürdig ist der Umstand, daſs wenn die Nerven- und Muskelarmatur sich mittels anderer Metalle berühren, die Stärke der Contractionen von dem Verhältnisse der Excitatoren abzuhängen scheint, welche den thierischen am nächsten sind. Armaturen von Gold und Silber wirken sehr schwach, Gold und Eisen hingegen bringen lebhafte Bewegungen hervor.

Ich hatte (Fig. 29.) den Nerv auf Gold *g* gelegt, welches mit Silber *s* in Contact war. Verband ich den Schenkelmuskel durch Eisen *e* mit *s*, so war die Reizung eben so heftig, als wenn *e* das Gold unmittelbar traf. An einem andern Schenkel war die Erregbarkeit so gering, daſs selbst Gold und Eisen sehr schwach, Gold und Zink aber noch lebhaft stimulirten. Bei der Application (Fig. 30. und Fig. 31.) waren dieselben Metalle, Gold *g*, Zink *z* und Eisen *e* als Kettenglieder zwischen Muskel und Nerv, aber nur in Fig. 30. traten die Galvanischen Erscheinungen ein.

Ich war mit diesen Versuchen (welche ich zuerst bei meinem Aufenthalt in Jena gemeinschaftlich mit Herrn von Göthe und meinem ältern Bruder anstellte) lebhaft beschäftigt, als ein Zufall mich auf eine merkwürdige Entdeckung leitete. Ich hatte (Fig. 32.) einen wenig lebhaften Froschschenkel vor mir auf einer Glasplatte liegen. Er zeigte mit homogener Nerv- und Muskelarmatur von Gold keine Contraction. Sie blieb ebenfalls aus, als die Zinkplatte *z* zwischen *g* und *g* lag. Ich wollte den Contact von *z* und *g* vergröſsern, *z* inniger andrücken,

und bog mich deshalb mit dem Gesichte und Munde über den Apparat hinüber. Indem ich diese Beugung meines Körpers vornahm, verband ich mit der linken Hand *z* und den Muskel mittels des goldenen Leiters *g*. Ich erstaunte, als ich den vorher so ungereizten Schenkel convulsivisch von der Armatur herabfliegen sah. — Ich vermuthete bald, dass diese plötzliche Wirkung vom Zinke herrühre, ich fiel darauf, dass die Nähe meines Mundes dem Zinke die excitirende Eigenschaft ertheilt habe. Ich verwechselte *z* mit einer neuen trocknen Platte, und in weniger als zehn Minuten war die wesentliche Bedingung dieser Erscheinung ergründet. Diese Bedingung ist nemlich die:

> d a s s, n o c h i m Z u s t a n d e m i n d e r e r E r r e g b a r k e i t d e r o r g a n i s c h e n T h e i l e, C o n t r a c t i o n e n b e i h o m o g e n e r N e r v e n- u n d M u s k e l a r m a t u r e n t s t e h e n, w e n n d i e s e l b e n d u r c h a n d e r e E x c i t a t o r e n v e r k e t t e t s i n d, u n t e r d e n e n s i c h e i n h e t e r o g e n e r b e f i n d e t, d e s s e n e i n e F l ä c h e m i t e i n e r v e r d a m p f e n d e n F l ü s s i g k e i t b e l e g t i s t. *)

*) Ich beobachtete diese Erscheinung zuerst im Monat April 1795. Sie überraschte mich so sehr, dass ich dieselbe wenige Wochen nachher den Herren Hofräthen S ö m m e r i n g, B l u m e n b a c h, H e r z und dem Herrrn Geheimenrathe v o n G ö t h e, meldete. In allen bis dahin erschienenen Schriften über den Galvanismus fand ich keinen Versuch, der auch nur eine entfernte Aehnlichkeit mit meiner Entdeckung hatte; kaum aber fiel mir die zur Ostermesse erschienene treffliche Schrift des Herrn D. P f a f f in die Hände, so stiess ich darin auf Erfahrungen,

Die Excitationskraft dieses einen Metalls verschwindet aber sogleich, als entweder diese Belegung auf der einen Fläche abgewischt oder als eine Belegung auf beiden Flächen applicirt wird!

Unter allen physikalischen Versuchen, welche ich je die Freude hatte, in Gegenwart anderer Naturforscher anzustellen, habe ich keinen gefunden,

welche den meinigen sehr analog sind. Von einer Belegung mit Hauch oder verdampfenden Flüssigkeiten auf einer Fläche ist zwar darin nirgends die Rede, der scharfsinnige Verfasser reducirt alle seine Beobachtungen auf den Begriff einer mittelbaren Nervenarmatur durch Schwammstreifen: indeſs halte ich es doch für Pflicht (wie ich auch schon an einem andern Orte in Grens Neuem Journ. B. 2. H. 2. S. 227. gethan) um jedem Verdachte der Anmaſsung zu entgehen, folgende vier Stellen hier anzuführen. S. 17. "Der Zink zeigte sich schon als Duplicator, wenn er "blos auf die Zinnarmatur gelegt und nur mit dem nassen Finger berührt wurde, während der Silberexcitator in der andern Hand die Muskel- und Zinnarmatur "berührte. S. 174. Da sich keine Zuckungen zeigten, "wenn die Goldunterlage der Muskeln durch Zinn mit "der Goldarmatur des Nerven verbunden wurde, entstanden dieselben sogleich lebhaft, wenn nun dieses "Zinn mit der Goldunterlage der Muskeln durch ein "bloſses Schwammstück in Verbindung gesetzt wurde. "S. 368. Wenn die Nervenarmatur von Zink mit der "Muskelarmatur von Zink durch Silber verbunden ist, "und keine Zuckung hervorbringt, so entstehen sie "sogleich lebhaft, wenn ein nasses Schwammstück auf "die Nervenarmatur und das andere Metall, das damit in Verbindung steht (also auf Zink und Silber) "gelegt wird, und nun der, die Muskeln bewaffnende "Excitator von Zink, das, mit der Nervenarmatur "in Verbindung stehende Silber berührt. S. 369. Durch "den Beitritt der Feuchtigkeit wird der elektrische Procefs vermittelst dieser günstig mit einander wirkenden "Armaturen sogleich wieder rege."

der wegen feiner unendlichen Feinheit fo in Erftaunen fetzt, als diefe Belegung mit Hauche. Die Kette trockner Metalle, als Gold, Zink und Gold bringt keine Reizung hervor. Man behauche leife die eine untere, oder obere Fläche von *z*, man laffe das gasförmige Waffer, welches wir mit der kohlengefäuerten Stickluft ausathmen, diefe eine Fläche überziehen, fo wird der Muskel convulfivifch erfchüttert, gleich viel, ob der Muskelreizer die feuchte, oder trockne Seite von *z* berührt. Man wifche den Hauch mit einem wollenen Tuche ab, fo verfchwindet die Bewegung von neuem. Das Experiment fieht einem Zauber ähnlich, indem man bald — Leben einhaucht, bald den belebenden Odem zurücknimmt! Man weifs aus Erfahrung, dafs ein frifch getödteter Stier, trotz feines ungeheuern Gewichts, wenn er gehörig galvanifirt wird, zur Bewegung des Aufftehens ftimulirt werden kann. Von einem blofsen Hauche, von ein wenig Wafferdampfe, hängt es daher ab, ob ein Paar hundert Pfund organifcher Maffe bewegt werden oder in Ruhe bleiben follen.

Der Verfuch Fig. 32. glückt ebenfalls, wenn die Muskel- und Nervenarmatur von Zink, das behauchte Zwifchenglied aber von Gold ift. Noch auffallender ift die Wirkung in einem zufammengefetztern Falle. Ein matter Frofchnerv war, wie gewöhnlich, (Fig. 33.) mit Zink *z* armirt. Lag die Glasplatte *a* auf *z*, und wurde diefe durch Muskelfleifch *m* mit der Muskelbelegung von Silber *s* berührt, fo war die Contraction augenblicklich da. Der Fall war dem Fig. 28. analog. Legte ich aber das Muskelfleifch *m* zwifchen

Zink und Gold, und berührte *a* unmittelbar mit *s*, wie in Fig. 25., so blieben alle Galvanische Erscheinungen augenblicklich aus. Die Circulation des reizenden Fluidums schien durch *m* gehindert zu seyn, und die geringe Erregbarkeit des Thieres erforderte, statt *m*, einen bessern metallischen Leiter. Ich liess indess die Kette in ihrer vorigen Folge *z*, *m*, *a*, und legte auf *a* die Zinkplatte *z*. Diese, mit der Muskelbelegung berührt, befand sich wieder im Contacte mit zwei Metallen. Der Schenkel blieb in Ruhe. Nun wurde der obere Zink, auf der obern Fläche, leise behaucht, und mit dem Hauche trat die Muskularbewegung augenblicklich ein. Der Hauch wurde abgewischt, und die vorige Ruhe trat wieder ein; *m* ist in dieser Kette also nur so lange hinderlich, bis eine Zinkplatte dazwischen tritt, deren eine Fläche mit einer verdampfenden Flüssigkeit belegt ist. Auch werden die Galvanischen Erscheinungen nicht unterbrochen, wenn auf dem behauchten Zinke (Fig. 34.) noch einmal Metall *r*, und darauf Muskelfleisch *n* liegt.

Durch eine Reihe von Versuchen dieser Art, mit deren Erzählung ich diese einförmige Schrift nicht noch langweiliger machen will, habe ich gefunden, dass zwar jede Flüssigkeit, jeder feuchte Körper im Contacte mit einer Metallfläche den Stimulus hervorlockt, dass aber der Stimulus selbst um so heftiger wirkt; je leichter und schneller das angewandte Fluidum verdampft. Diese Erscheinung, dieser schnelle Uebergang aus dem tropfbar flüssigen Zustande in den gasförmigen, ist unendlich wichtig für die Theorie

des

des Galvanismus. Ich werde das Factum daher hier so genau als möglich entwickeln. Man bringe mittels einer metallenen Spitze zwei sehr convex stehende Wassertropfen auf den Zink Fig. 35, so werden die Contractionen erfolgen, und ausbleiben, je nachdem die Muskelarmatur den Tropfen *a* selbst, oder den trocknen Zwischenraum *b* berührt. Eben dies erfolgt, wenn man Blut, Milch, Weingeist, Oleum tartari, Salpetersäure, statt des Wassers, auftröpfelt. Doch habe ich bei sehr matten Thieren (und nur diese entscheiden hier) beobachtet, daſs die Belegung mit Hauch heftigere Zuckungen erregt, als alle genannte Flüssigkeiten, daſs Milch schwächer wirkt als Blut, Blut stärker als Wasser. Der letztere Umstand lieſs mich auf einige Augenblicke vermuthen, daſs die thierischen Stoffe, als solche, einen Vorzug vor den unbelebten hätten. Gegenversuche lehrten mich aber bald, daſs dieser Vorzug nur auf ihrer Fähigkeit zu dampfen, gasförmige Flüssigkeiten bei jeder äussern Temperatur auszudünsten beruhet. Ich träufelte Wasser und schwefelgesäuerten Alkohol in zwei abgesonderten Tropfen neben einander auf Zink und bemerkte bei mehreren sehr unreizbaren Thieren (Fröschen, zwei Eidexen und einem Wassermolch, Lacerta lacustris), daſs bei Berührung der Naphta Vitrioli stärkere Muskularbewegungen, als bei Berührung des Wassers erfolgten. Ich ging auf diesem Wege noch weiter. Ich tröpfelte siedendheiſses Wasser und kaltes, (bis auf o Grad Reaum. erkältetes) auf Zink und das Uebergewicht des erstern war eben so bemerkbar. Am lebhaftesten er-

folgte die Reizung, wenn ich *z* allein, nicht *g* am Feuer erhitzte, und nun Waſſer, beſonders aber Vitrioläther darauf goſs. Wurde das heiſse Metall behaucht, ſo war die Contraction im erſten Augenblicke ſehr heftig, nach einigen Secunden aber, da die Wärme die Feuchtigkeit von ſelbſt verjagte, blieb ſie aus, ohne daſs der Zink des Abwiſchens bedurfte.

Wenn ich ſtatt des Hauches oder der tropfbaren Flüſſigkeiten (Fig. 36.) 3 bis 4 Kubiklinien friſches Muskelfleiſch *m* auf *z* legte, ſo bemerkte ich die Zuckungen, nicht blos bei der unmittelbaren Berührung von *m*, ſondern auch indem ich mit dem goldenen Leiter *g* ein $\frac{1}{4}$ Pariſer Linien von *m* entfernt blieb. Ich fiel natürlich auf den Gedanken, daſs das Muskelfleiſch rund um ſich her, und alſo auch bis *x* Lymphe verbreite, und *g* von *m* entfernt, doch eine feuchte Stelle treffe. Ich nahm daher (es war in den erſten Tagen des Decembers 1795.) eine neue Zinkplatte, trocknete ſie erwärmt ab, und legte das Muskelfleiſch darauf. Der Muskelleiter *g* ſtand ſchon mit dem einen Ende auf dem Schenkel aufgeſetzt, mit dem andern war ich im Begriff *m* zu berühren — die Contraction erfolgte aber, indem ich noch an $\frac{1}{4}$ Linien davon entfernt blieb. *) Ich erſtaunte über eine ſo unerwartete Erſcheinung. Ich glaubte aus Unvorſicht, ohne es zu wiſſen, eine Muskelfaſer von *m* berührt zu haben. Ich wiederholte den Ver-

*) Die Figur 36. drückt auch dieſen Fall aus, daſs aber von den drei gezeichneten Bogen, nie zwei zugleich gebraucht wurden, bedarf wohl keiner Erinnerung, ſo wenig als in Fig. 8. 29. und 35.

fuch, blieb über eine volle Parifer Linie von *m* entfernt, aber die Convulfionen des Thieres waren lebhaft, wenn nur das eine Ende von *g* den Frofchfchenkel unmittelbar berührte. Ich hatte damals die Entdeckung fchon gemacht, Reizung bei homogenen Metallen ohne kettenförmige Verbindung der Excitatoren Fig. 9, hervorzubringen. Ich glaubte, die vorliegende Erfcheinung möchte fich auf jene, und zwar auf den bis dahin für negativ angenommenen Fall Fig. 12. *b* reduciren laffen. Ich berührte daher (Fig. 36.) blofs den Frofchfchenkel mit der Muskelarmatur *g*, ohne diefelbe, mit dem andern Ende *v*, dem auf *z* liegenden feuchten Leiter auch nur auf einen Zoll weit zu nähern. Aber bei diefer Application der Excitatoren blieb jegliche Contraction aus. Diefes Ausbleiben lehrte mich, dafs aus *m* oder *v* etwas gasförmiges ausftrömen müfste, welches gleichfam zum Zwifchengliede zwifchen *v* und *m* diente und die Kette herftellte. Ich liefs, um diefs zu ergründen, durch eine dritte Perfon, eine dünne Glasfcheibe dergeftalt zwifchen das Muskelftück und Metall halten, dafs fie keines von beiden berührte. Der Strohm fchien augenblicklich gehemmt, denn nun war das Galvanifiren unwirkfam. Es glückte aber mit Hinwegnahme der Glasplatte wieder. Während diefer Experimente, welche ich mit aller Sorgfalt anftellte, deren ich fähig bin, vergingen wohl 10 bis 12 Minuten. Ich bemerkte, dafs ich mich, je länger ich die Beobachtung wiederholte, je häufigere Contractionen ich erregte, defto mehr mit dem metallifchen Ende *v* dem Muskelftücke *m* nähern mufste. In

der Entfernung von $\frac{5}{4}$ oder einer Pariser Linie war nun kein Stimulus mehr vorhanden. Bei $\frac{1}{2}$ Linie und noch geringerem Abstande wirkte derselbe heftig.

Alle diese Erscheinungen sind den Erfahrungen anderer Physiker so heterogen, zeigen eine so neue, unerwartete Eigenschaft der thierischen Materie, dass ich es für Pflicht halte, sie näher zu entwickeln. Keine Materie wirkt da, wo sie nicht ist. Das Muskelfleisch bildet also gleichsam eine Atmosphäre, einen leitenden Wirkungskreis um sich. Sollte die organisirte Materie, dachte ich, Lymphe in gasartigem Zustande aushauchen, gleichsam ein Gewölk, einen Dunst von Lymphe um sich bilden? Ich kehrte zum siedendheissen Wasser, zum Aether auf erhitzten Zinkplatten zurück. Ich raisonnirte so: ist ausströmender Dampf die Ursach der Leitung, nimmt bei der thierischen Materie dieser Ausdünstungsprocess vielleicht mit der schwindenden Lebenskraft ab, so wird eine Linie weit über dem Aether, über dem siedenden Wasser der Metallbogen, wie über dem Muskelfleisch, reizend wirken. Mein Raisonnement gehörte zu den Anticipationibus mentis, welche seit des weisen Baco Zeiten eben nicht in gutem Rufe stehen. Der Gegenversuch misslang, und die Muskularbewegung erschien nie anders, als wenn *v* die tropfbarflüssige Fläche des Wassers, oder Aethers (oder das mit Blut benetzte Tuch) unmittelbar berührte. Ich kehrte also zu den thierischen Stoffen selbst zurück. Das vorige Muskelstück *m* war noch so wirksam, dass der Versuch auf $\frac{1}{2}$ Linie weit

glückte. Um zu unterfuchen, ob die Reizempfänglichkeit des Thieres felbft Einflufs auf das Gelingen oder Nichtgelingen habe, fetzte ich den Apparat wie Fig. 36. zufammen, legte aber einen frifchern Frofchnerven auf den Zink. Die Contractionen wurden an fich zwar heftiger, aber der Wirkungskreis von *m* war nicht erweitert. Der Muskelleiter *g* mufste fich wenigftens noch auf eine halbe Linie nahen. Nach 6 bis 8 Minuten war endlich jeder Abftand noch zu grofs. Die Atmofphäre von *m* fchien ganz verfchwunden, und die Galvanifchen Erfcheinungen ftellten fich nur bei der unmittelbaren Berührung von *m* felbft ein.

Ich trennte nun von eben dem Frofchfchenkel, welcher *m* hergegeben hatte, neue Stücke Muskelfleifch. Sie wurden auf *z* gelegt, aber alle ohne Erfolg, ohne Wirkung in die Ferne. Erftaunt über diefes Mifslingen, fuchte ich die Urfach davon in der Frifchheit der Theile. Ich fecirte daher fogleich einen neuen fehr lebhaften Wafferfrofch, verfuchte faft jeden Theil feines Muskelfleifches — aber immer vergebens. Eben fo ging es in den folgenden drei oder vier Tagen. Hätte ich die oben erzählten Verfuche nicht mit fo vieler Sorgfalt angeftellt, nicht fo lange Zeit fortgefetzt, fo wäre ich faft geneigt gewefen, den Verdacht der Täufchung gegen mich felbft zu erregen. Mehrere Wochen nachher, am Ende des Jenners 1796. ward ich aber, beim Experimentiren, aufs angenehmfte überrafcht, und von der Richtigkeit meiner Beobachtungen überführt. Der Nervus cruralis eines ziemlich lebhaften, aus

dem Winterschlaf durch Stubenwärme erweckten Frosches lag auf Zink und auf diesem ein Stück frisches Muskelfleisch *n* von eben dem Individuum (Fig. 37.). Ich wollte den Versuch (Fig. 1.), in welchem Muskel- und Nervenarmatur durch einen thierischen Leiter verbunden sind, wiederholen. Die Contractionen entstanden aber schon, als der Excitator von Silber *a* mit dem einen Schenkel auf ¼ Linien von *n* entfernt blieb. Das obige Experiment mit der Glastafel wurde wiederholt. Sie hinderte das Durchströhmen vollkommen. Ja! es war herrlich zu sehen, wie man mit jeder Minute *a* dem feuchten Leiter näher bringen mußte, um einen Stimulus hervorzulocken. Man denke sich um den Bündel Muskelfasern *n* in einer Entfernung von ¼ Linie, einen punktirten Ring *pq*, so drückt derselbe gleichsam die Grenze des Wirkungskreises aus, welchen die thierische Materie um sich verbreitet. Diese leitende Atmosphäre nimmt aber, wie die Erfahrung gelehrt, allmählig ab, wird bald auf *rs*, und noch näher eingeschränkt. Ich applicirte dieß *n* (wie *m* in Fig. 36.) als Glied zwischen Gold, Zink und Gold, und die Wirkung blieb dieselbe. Ich versuchte andere Muskelstücke desselben Schenkels — aber unter vielen war nur eines, welches aus der Entfernung reizte. Zwischen diesem und dem unwirksamen konnte ich keinen äussern Unterschied bemerken. Aus diesen mannigfaltigen Thatsachen folgt demnach das eben so neue, als auffallende Resultat:

dafs frische thierische Stoffe, nicht vegetabilische, sich bisweilen in einem

Zustande befinden, in dem sie unsichtbar eine leitende Atmosphäre um sich verbreiten, welche in ihrer Bewegung in eben dem Maaſse allmählig abnimmt, als die Zeit, seit der die Trennung des Stoffes von der ganzen Maschine geschah, zunimmt.

Da nichts so sehr für die Bestimmtheit einer Beobachtung spricht, als wenn mehrere übereinstimmende Erfahrungen sich auf dieselbe reduciren lassen, so merke ich hier nur vorläufig an, daſs es mir noch in zwei andern Fällen geglückt ist, Wirkungskreise von Muskeln und Nerven zu beobachten, und also etwas sinnlich darzustellen, dessen Daseyn groſse Physiologen, zum Beispiel Herr Reil, aus theoretischen Gründen nur ahnden durften. Doch davon in einem folgenden Abschnitte; ich kehre zu meinem Vorhaben, hier nur einfache Facta aufzustellen, zurück.

Statt der Belegung mit Hauch Fig. 32., oder mit Muskelfleisch Fig. 36. kann auch die menschliche Hand selbst dienen. Man lege den feuchten Finger der Linken auf *z*, und berühre durch eine Silbermünze *s*, in der Rechten, den Schenkelmuskel, dessen Cruralnerv mit Silber armirt ist, (Fig. 38.), so erfolgen lebhafte Contractionen. Dieselben erscheinen ebenfalls, wenn die rechte Hand eine silberne Pincette *s* hält, und durch die beiden Schenkel derselben den Froschmuskel und die Nervenarmatur *r* (Fig. 39.) verbindet. Alsdann ist eine zwiefache Verkettung der Theile, eine vom Nerven, durch *r*, *z*

den linken Arm und den rechten in *s*, und die andere vom Nerven durch *r* unmittelbar in *s*. Die erstere scheint aber die allein wirksame zu seyn, denn die Reizung hört auf, sobald die linke Hand den Zink nicht mehr berührt.

Wenn gleichartige Muskel- und Nervenarmaturen (Fig. 32.) nur unter der Bedingung wirken, daſs das ungleichartige mittlere Glied der Kette auf einer Fläche mit einer verdampfenden Flüssigkeit belegt ist, so miſsglückt daher jedes Galvanisiren, sobald *z* auf beiden Flächen eine solche Belegung hat. Der Fall Fig. 23. ist daher, wenn *a* und *b* beide Silber, *e* Zink, *c* und *d* aber Muskelfleisch ausdrücken, bei minder reizbaren Thieren, constant negativ. Eben dies wird der Apparat Fig. 35, 36, 38 und 39, wenn zwischen *z* und *g*, *z* und *s*, und *z* und *r* noch ein verdampfender leitender Körper liegt. Alle Versuche hierüber zeigen eine wundersame Uebereinstimmung. Folgende Erfahrung aber, die ich mehrmals machte, zeigt dies Phänomen in seiner ganzen Vollständigkeit. Die Kette Fig. 40. Nerv, Gold, Muskelfleisch, Zink und Gold war positiv. Ich legte noch einmal Muskelfleisch *m* auf den Zink Fig. 41, und die Contraction blieb aus. *M* wurde (Fig. 42.) mit Zink *r* bedeckt, und der Fall war wieder positiv. Er zeigte sich negativ, als auf *r* noch einmal ein Stück Muskelfleisch *n* (Fig. 43.) lag, und wieder positiv, (Fig. 44.) als eine Eisenplatte *f* dies *n* bedeckte. Die ausdünstende Flüssigkeit muſs also schlechterdings nur eine Fläche des heterogenen Zwischenmetalls (*z* in Fig. 35.) belegen, und wir

haben hier, um mich eines Ausdrucks meines scharfsinnigen Freundes, des Herrn Abilgaard zu bedienen, „gleichsam ein Galvanisches Dampf-„elektrophor, dessen Wirkungen zu den wun-„dersamsten Erscheinungen der neuern Physik ge-„hören.„

Fünfter Abschnitt.

Mittel, die zusammengesetzten Bedingungen Galvanischer Erscheinungen unter einen Gesichtspunkt zu stellen — Zeichen — Formeln für positive und negative Fälle — Vorsicht bei den Resultaten nicht gelingender Versuche.

Ich bin bemüht gewesen in den vorliegenden vier Abschnitten die Bedingungen zu entwickeln, unter denen Galvanische Erscheinungen erfolgen, oder ausbleiben. Statt nach dem Beispiele anderer Physiker die Thatsachen mit den Vermuthungen über ihre Ursachen gleichzeitig vorzutragen, habe ich jene von diesen abgesondert. Zwar ist der Vortrag des Ganzen dadurch einförmiger geworden, zwar sind einzelne Facta dadurch weniger hervorstechend geblieben, dem ernsthaften Untersucher aber wird diese Methode doch vorzüglich scheinen, da sie reine Erfahrungen an einander reiht. Welch ein Abstand in der Einfachheit der Bedingungen aber, von dem Falle (p. 32.) an, wo der blosse Lendenmuskel den noch organisch inserirten Ischiadnerven berührt, bis zu dem complicirten Hauchversuche (p. 77.).

Weder das aufmerksamste Lesen jener vier Abschnitte, noch die Betrachtung der Figuren machen es möglich, jene Fülle von Thatsachen mit einem Blicke zu umfassen. Es schien mir daher wichtig, eine Methode zu erfinden, welche diesem Mangel abhülfe. Die Bequemlichkeit, welche die Mathematik darbietet, durch analytische Zeichen, viele Sätze in wenig Zeilen darzustellen, reizte mich zu dem Versuche, die Abänderungen des Galvanischen Apparats, bei dem fast alles auf die kettenförmige Aneinanderreihung der Stoffe beruht, durch eine ähnliche Zeichensprache auszudrücken. In meinem ersten physiologischen Briefe an Herrn Blumenbach *) habe ich bereits einige Formeln der Art bekannt gemacht. Der Beifall, den man diesem Versuche geschenkt hat und meine eigene Ueberzeugung von dem Nutzen einer solchen Uebersicht von Thatsachen, veranlassen mich diesen Gegenstand hier weiter zu bearbeiten.

Ich unterscheide zwei Klassen von Stoffen, welche bei den Galvanischen Erscheinungen wirksam sind. Zu der ersten rechne ich alle Metalle, Kohlen und kohlenstoffhaltige Materien, zu der zweiten alle feuchte thierische und vegetabilische Theile, Muskelfleisch, Wasser, nasses Tuch u. s. f. Stoffe der ersten Art nennt man fast allgemein Excitatoren, Stoffe der zweiten Art Conductoren des Galvanischen oder elektrischen Fluidums. Diese Benennungen gründen sich auf die theoretische Voraussetzung, dass ohne Metall und Kohle, zum Beispiel,

*) Gren's Neues Journ. der Physik. B. II. S. 125.

keine Muskularcontraction erfolgen könne, und daſs Körper der zweiten Klaſſe nur dazu dienen, die kettenförmige Verbindung der Excitatoren nicht zu unterbrechen. Dieſe Vorausſetzung iſt grundfalſch, weil ſie tauſenden von Erfahrungen, die ich angeſtellt habe, widerſpricht. Im Zuſtande der erhöhten Reizempfänglichkeit erfolgen Galvaniſche Erſcheinungen bei Anbringung bloſſer ſogenannter Conductoren, wie in Fig. 2. 3. 5. und ſelbſt im gewöhnlichen Zuſtande der mindern Erregbarkeit wirken, wie im Hauchverſuche Fig. 35. Waſſer und feuchte leitende Subſtanzen, als wahre Excitatoren. Wir wollen daher in den Formeln jene gewagten, hypothetiſchen Benennungen aufgeben, und die zwei Klaſſen von Stoffen blos nach ihren individuellen chemiſchen Charakteren von einander unterſcheiden. Metalliſche und kohlenſtoffhaltige Subſtanzen haben unter den feſten Körpern ein ausgezeichnetes Vermögen das Sauerſtoffgas zu zerſetzen, oder phlogiſtiſche Proceſſe zu erregen. Ich bezeichne ſie daher mit dem Buchſtaben *P*, und zwar ſo, daſs homogene Metalle, wie zwei Goldſtäbe, durch *P·P*; heterogene aber, wie Zink und Gold, durch *P p* ausgedrückt werden.

Ich nehme den gewöhnlichen Galvaniſchen Apparat Fig. 8., in welchem eine Muskelarmatur von Silber die Nervenarmatur von Zink berührt, zum Muſter. Der Ausdruck *P p P* bedeutet, daſs ein heterogenes Metall zwiſchen zwei homogenen liegt, oder daſs Kohle mit zwei homogenen Metallen in Berührung ſteht. Der Ausdruck $\underbrace{P\ p\ P\ P}$ zeigt

an, daſs vier Metallſtäbe (von Gold und Blei z. B.) mit abwechſelnden Gliedern eine Kette bilden, wie in Fig. 45. Der Verſuch Fig. 8, wird ſich daher auf folgende Formeln reduciren.

Nerv *P p*

Die Körper der zweiten Klaſſe, welche im Zuſtande minderer Reizbarkeit meiſt nur als leitende Subſtanzen zu wirken ſcheinen, haben die gemeinſame Eigenſchaft der Feuchtigkeit. Ich bezeichne ſie daher durch *H* und *h* oder Corpora humida. Der Fall Fig. 1. drückt ſich daher alſo aus:

Nerv *P H p*

Die Formel:

Nerv *P p*

in der das Verbindungszeichen fehlt, zeigt an, daſs ein Nerv mit zwei heterogenen Metallen (oder kohlenſtoffhaltigen Subſtanzen) zwar in Berührung ſey, ohne aber eine Kette zu bilden. Es iſt der mir glückende Verſuch Fig. 9., welchen man bisher apodiktiſch für negativ erklärte. Das Verbindungszeichen dient auch dazu, um die Fälle zu bezeichnen, wo die Kette zweimal geſchloſſen iſt, und es auf die Uebermacht der Metalle ankommt, ob eine ſchon geſchloſſene Kette durch ein zweites Schluſsglied neue Contractionen erweckt. Wenn in Fig. 46. zwiſchen den beiden Armaturen von Zink und Silber *v* und *s* abwechſelnde Glieder von Muskelfleiſch *m*, *n* und Metallen *k*, *l* vorkommen, von denen eines *l* auch mit dem Nerven in Berührung ſteht, ſo wird, wenn *l* und *s* homogen ſind, nur das früher

applicirte, Galvanische Erscheinungen hervorbringen. Die Fig. 46. heisst demnach:

Nerv *P H p H P p*.

Nach dieser Bezeichnungsmethode wird es ausführbar, alle Bedingungen des Galvanismus, so weit ich sie entdeckt habe, in wenige Zeilen zusammen zu drängen, und gewissermassen auf construirbare Begriffe zu reduciren. Ohne diese Formeln vor Augen zu haben, ist es unmöglich irgend etwas richtiges über die Ursach dieser Erscheinungen aufzufinden. Was hilft es, dieselbe bald in den Metallen und ihrer Oxydation, bald im aufgehobenen Gleichgewichte der Elektricität bei kettenförmiger Verbindung der Stoffe zu suchen, wenn dieselben Muskelbewegungen ohne Metalle und ohne kettenförmige Verbindung eintreten!

Im Zustande der erhöhten Reizempfänglichkeit finde ich Galvanische Erscheinungen:

1) indem der Lendenmuskel eines Thieres gegen den, mit ihm organisch verbundenen Ischiadnerven zurück gebogen wird, der einfachste Fall, den ich entdeckte. S. 32.

Organisch verbundener Nerv und Muskel.

2) indem der Cruralnerv und sein Schenkelmuskel, mittels feuchter Theile, verbunden werden Fig. 2. 3. 4. und S. 35 — 37.

Organisch verbundener Nerv und Muskel *H*.

3) indem feuchte Theile eine Leitung von einem Theile des Nerven zum andern machen. Fig. 5. und S. 38.

Nerv *H h*

4) indem zwei homogene Metalle sich berühren, von denen eines eine Nervenarmatur ist; der Fall ohne Kette. Fig. 9. und S. 43.

Nerv *P P*

5) indem ein homogenes Metall Nerv und Muskel verbindet. Fig. 16. und S. 60.

Organisch verbundener Nerv und Muskel *P*

6) indem zwei Puncte eines Nerven durch ein homogenes Metall verbunden werden *) S. 63.

Nerv *P*

7) indem ein feuchter Theil die homogene Nervenarmatur mit dem Nerven an einem zweiten Puncte verbindet. Fig. 22. und S. 65.

Nerv *P H*

*) Ich hole hier noch einen wichtigen Versuch meines ältern Bruders nach, der diesen Fall in ein helleres Licht setzt. Ein Wasserfrosch war ausgeweidet und mit den Extremitäten auf ein Secirbrett geheftet. Das Geflechte von Nerven, welches aus dem Rückmarke nach dem Arme geht, und der Ischiadnerv waren entblößt. Mein Bruder galvanisirte das Thier mittels Zink und Silber, die Contractionen waren heftig. Die Zinkarmatur wurde vom Ischiadnerven weggenommen und der Arm zuckte, wenn das blosse Silber den Armnerven leise berührte. Holz, Knochen und andere nicht metallische Substanzen brachten dagegen keine Contraction hervor.

8) indem heterogene Metalle Nerv und Muskel bewaffnen, und sich unmittelbar, oder mittels eines feuchten leitenden Körpers berühren. Fig. 8. und Fig. 1. S. 67.

Nerv *P p*,

Nerv *P H p*;

9) indem homogene Metalle am Nerv anliegen, beide aber durch ein heterogenes Metall verbunden sind. S. 70.

Nerv *P p P*;

10) indem homogene Metalle den Nerv bewaffnen, beide aber mittels zweier feuchten Substanzen mit einem heterogenen Metalle verbunden sind. Fig. 23. und S. 70.

Nerv *P H p H P*;

11) indem in der Kette zwischen einem Puncte des Nerven und dem andern mehrere Metalle mit feuchten Theilen abwechseln und unter allen Metallen nur ein heterogenes ist. F. 24. u. S. 70.

Nerv *P H P H p H P*.

Im Zustande minderer, wenigstens nicht erhöhter Reizempfänglichkeit, erfolgen Muskularcontractionen nur:

1) wenn heterogene Nervenarmaturen sich unmittelbar, oder durch Substanzen der ersten Klasse berühren. Fig. 8. und S. 72.

Nerv *P p*,

Nerv *P p P p*;

2) wenn zwischen heterogenen Nervenarmaturen Glieder von metallischen und feuchten Substanzen vorkommen, unter diesen aber zwei heterogene Metalle in unmittelbarer Berührung sind. S. 72.

Nerv *P H P p H p*;

3) wenn homogene Nervenarmaturen durch Substanzen der ersten Klasse verbunden sind, unter denen eine auf einer Fläche mit einer verdampfenden Flüssigkeit belegt ist; der Hauchversuch. S. 77. und Fig. 32.

Nerv *P p H P*.

Dagegen erfolgen bei minderer Erregbarkeit der Organe constant keine Contractionen in den oben No. 4. 6. 8. 9. und 10. angeführten Fällen, also in den Formeln:

Nerv *P P*

Nerv *P*

Nerv *P H p*

Nerv *P p P*

Nerv *P H p H P*.

Wenn wir demnach die Fälle, wo Muskelbewegungen eintreten, mit dem Zeichen + und die, wo sie ausbleiben, mit dem Zeichen — andeuten, so stellt folgende Tafel alle bis jetzt entdeckten Facta übersichtlich dar. Ich habe mich bemüht, jeden nur irgend zweifelhaften Versuch wegzulassen, weil in der Naturlehre nichts nachtheiliger ist, als wenn man das Wahrscheinliche unter das Erwiesene mengt

mengt, oder gar (wie oft geschieht) Meinungen und Wünsche als Thatsachen einkleidet. Sollten in der Folge Galvanische Versuche als neu angezeigt werden, so wird es leicht seyn, dieselben in Zeichen umzusetzen und auszumitteln, ob sie zu einer der schon bekannten Formeln gehören?

Bedingungen des Galvanismus.

I. Zustand hoher Reizempfänglichkeit.

+ Organisch verbundener Nerv und Muskel.

+ Organisch verbundener Nerv und Muskel *H*

+ Nerv *H h*

+ Nerv *P P*

+ Nerv P

+ Nerv *P H*

+ Nerv *P p*

+ Nerv *P p P*

+ Nerv *P H p*

+ Nerv *P H p H P.*

II. Zustand minderer Reizempfänglichkeit.

+ Nerv *P p*

+ Nerv *P p P p*

+ Nerv *P H P p H p*

+ Nerv *P p H p.*

Von den negativen Formeln der zweiten Abtheilung setze ich nur folgende hinzu:

— $\underline{\text{Nerv}\ H\ h}$

— Nerv $P\ P$

— $\underline{\text{Nerv}\ P}$

— $\underline{\text{Nerv}\ P\ p\ P}$

— $\underline{\text{Nerv}\ P\ H\ p}$

— $\underline{\text{Nerv}\ P\ H\ p\ H\ p}$.

Denn der wichtige Versuch (S. 32.), indem blofs organisch verbundene Theile, der Ischiadnerv und Lendenmuskel, sich berühren, glückt fast immer, wenn man gewöhnlich lebhafte Frösche mit einiger Schnelligkeit zu präpariren versteht. Negative Formeln für den Fall erhöhter Reizempfänglichkeit habe ich gar nicht aufzuführen gewagt. Sie sind so lange voreilig und unrichtig, als der Experimentator nicht erweisen kann, dafs er Versuche mit solchen Individuen angestellt habe, welche das Maximum der thierischen Erregbarkeit besafsen. Wie apodiktisch hat man bisher den Fall ohne Kette Fig. 9. nicht immer für negativ erklärt, wie lange habe ich ihn nicht selbst dafür gehalten, bis ein Versuch mich von meinem Irrthume zurückbrachte! Und dafs dieser Versuch nicht durch sogenannte zufällige Bedingungen modificirt wurde, das wird nach den mühsamen Gegenversuchen Fig. 10. 11. 13. 14. und 12. a wohl niemand bezweifeln.

Negative Versuche geben nur Resultate für die individuellen Verhältnisse, unter denen man experi-

mentirt. Bin ich aufser Stand, diese Verhältnisse oder Bedingungen genau zu bestimmen, so ist die Erfahrung des Nichtgelingens völlig unfruchtbar und ohne Anwendung auf andere Fälle. So sind viele unserer chemischen Versuche, alle meteorologische Beobachtungen, so zusammengesetzt, es wirken so viele Stoffe dabei, deren Zahl wir oft gar nicht einmal kennen, dafs jene Versuche und Beobachtungen keinen andern Schlufs erlauben, als den: wenn *a*, *b*, *c*, *x*, *y* . . . sich berühren, so erfolgt der Effect *s* nicht. Man behauptete, dafs in Wasser aufgelöstes Kochsalz sich durch Bleikalche zersetzt habe. Das Factum war unwiderruflich wahr, aber die Bedingungen wurden falsch ausgedrückt. Der grofse Scheele wurde durch negative Versuche widerlegt, bis Herr Curadeau fand, dafs Ausschlufs der Kohlensäure den Erfolg bestimme.

So giebt bei Versuchen mit thierischen Organen das Nichtgelingen ebenfalls nur ein Resultat für einen individuellen Fall. Bei jedem Phänomene der Irritabilität ist die Erregbarkeit der Organe ein Hauptbedingnifs, und da wir keinen bestimmten Ausdruck für den Grad dieser Erregbarkeit haben, so kann unter sonst gleichen äufsern Umständen zehnmaliges Nichtgelingen mich nicht an dem Effect eines einzigen gelingenden, sorgfältig angestellten, von mehrern Personen geprüften Versuchs zweifeln machen. Den Fall Fig. 7. habe ich bisher noch immer als negativ befunden. Dennoch wage ich es nicht, ihn allgemein dafür zu erklären. Thiere, welche noch reizempfänglicher sind, als die,

welche ich in Fig. 9. und 3. galvanisirte, werden vielleicht künftig auch noch zu dieser Entdeckung veranlassen.

Sechster Abschnitt.

Schliefsung der Galvanischen Kette — Gröfse der Belegungsfläche — Ist ein Galvanisches Phänomen ohne Reizung einer sensiblen Fiber möglich? — Relative Folge der Excitatoren — Regulinische und geschwefelte Metalle — Oxydirter Braunstein — Holz- und Steinkohle — Kohlenblende — Graphit — Lydischer Stein — Alaunschiefer — Eis — Säuren — Alkalien — Oel — Seife — Specifiker Unterschied der thierischen und vegetabilischen Materie — Wichtigkeit der cuticula — Ob sie Gefäfse hat? — Chemische Betrachtungen über Leitungskraft im Allgemeinen — Theorie der Umhüllungen. — Gewisse Menschen sind isolirend. — Isolirende Theile des belebten Körpers werden leitend. — Temporäre Empfindlichkeit derselben. — Setzt sie eigene Nerven voraus? — Versuch, diese Erscheinung aus veränderter Zuleitung zu erklären. — Anwendung auf die Pathologie. — Leitungskraft der Morcheln.

Um das grofse Phänomen der Galvanischen Erscheinungen nach seinem ganzen Umfange zu fassen, ist es nicht hinlänglich, die Bedingungen anzugeben, unter denen sie überhaupt eintreten, sondern wir müssen sie auch nach ihren einzelnen Modificationen, in Beziehung auf einzelne Organe, oder ganze Thierclassen betrachten. Der Astronom begnügt sich nicht

damit, zu lehren, bei welcher Stellung Bedeckungen der Planeten erfolgen, er beschreibt auch die physischen Wirkungen, welche die erfolgte Bedeckung hervorbringt. So wie einerlei Application der Metalle, nach Verhältniss der grössern oder geringern Erregbarkeit der Organe, stärkere oder schwächere Contractionen hervorbringt, eben so verschieden sind dieselben bei einem Individuum, wenn die Art der Application verändert wird. Ein mattes Thier, das bei der gewöhnlichen Armatur Fig. 8. gar keine Zuckungen zeigt, wenn die Pincette *s* erst *t* und dann den Muskel berührt, wird dieselben gleich äussern, wenn die Kette, vom Muskel aus, sich zu schliessen anfängt. Unter den Formeln

$$\underbrace{\text{Nerv } P \; p}_{\longleftarrow}$$

$$\underbrace{\text{Nerv } P \; p}_{\longrightarrow}$$

ist dann die erstere negativ, die zweite hingegen positiv. Diese Entdeckung, welche man bald Herrn Volta, bald den Herren Fowler, Valli und Pfaff*) zuschreibt, gehört dem Bologner Physiologen selbst. Auch für die Empfindung ist es sehr merklich, von wo die Berührung ausgeht. Nirgends war mir dies auffallender, als bei den Blasenpflastern, welche ich mir zu diesem Zwecke mehrmals auf den Rücken legen liess. Die Wunden waren meist auf dem Latissimus dorsi. Bedeckte ein Zinkplättchen dieselben, so war der Schmerz weit heftiger, wenn die silberne Pincette zuerst das entblösste Fell und

*) a. a. O. S. 10.

dann den Zink berührte, als wenn die Berührung umgekehrt geschah. Je reizbarer das Organ ist, desto unmerklicher wird der Unterschied. Ich liess die Wunde mit diluirtem Oleum tartari per deliquium befeuchten, und nun schwollen die Muskeln zwar heftiger auf, das Brennen ward anhaltender, aber beides erfolgte fast gleich, wo auch immer die Pincette zuerst angelegt ward. Wer nur irgend Galvanische Versuche angestellt hat, dem können ähnliche Beobachtungen, da sie äusserst constant sind, nicht entgangen seyn.

Ueberaus merkwürdig, und von Herrn Pfaff *) bereits angemerkt, ist noch der Umstand, dass die Stärke der Muskularcontractionen mit der Grösse der berührenden Metallfläche am Muskel, nicht aber mit der Grösse der Nervenarmatur zunehmen. Dieser Satz scheint, wie ich unten zeigen werde, für die Ergründung der Ursache des Galvanismus sehr wichtig zu seyn.

Wenn ich zwei Canthariden-Wunden bisweilen zugleich auf meinem Rücken hatte, deren eine mit Zink armirt war, so war Schmerz und Aeusserung der Spannkraft zehnfach heftiger, wenn ein Laubthaler die andere Wunde bedeckte, und die silberne Pincette diesen berührte, als wenn dieselbe mit ihrem schmalen Ende auf die enblösste Cutis selbst traf. Eben so fühlte ich es an einer Handwunde, deren Zuheilung ich durch den Metallreiz einige Tage verhinderte. Selbst wenn organisch verbundene Theile für sich (S. 32.) ohne leitende Metalle,

*) a. a. O. S. 51, 63.

ohne getrennte feuchte Stoffe, galvanische Erscheinungen hervorbringen; wenn ich die Lende eines Frosches gegen seinen entblöfsten, aber nirgends durchschnittenen Ischiadnerven bewege, ist der Effect gröfser, wenn der Lendenmuskel in vielen Puncten den Nerven trifft, als wenn man ein schmales Bündel Muskelfasern fein aus der Lende herauspräparirt und dieses in den Contact bringt. Eben so habe ich oft beobachtet, dafs in dem Versuche mit getrenntem Muskelfleische F. 2. die Contractionen zunehmen, nicht blofs, wenn man z erst an x und dann an y (und nicht umgekehrt) schiebt, sondern auch, wenn man dem Stücke x eine breitere Fläche giebt. Dagegen kommt es auf die Gröfse von y gar nicht an. Es scheint gleich zu seyn, ob der Nerv in einem, oder in mehrern Puncten armirt ist. Der Versuch Fig. 5. hat mir davon ein merkwürdiges Beispiel gegeben. Die Muskelbewegungen blieben dieselben, ich mochte den Nerv mit der rechten Hand mittels des schmalen Stückes Muskelfleisch z, oder des breitern berühren. Dagegen waren sie weit lebhafter, wenn y den Schenkelmuskel traf, als wenn die Entladung an diesem durch z geschah. — Bei der mittelbaren Armirung eines Nerven durch eine Schwammunterlage glaubt Herr Pfaff *) Zunahme der Muskelcontraction bemerkt zu haben, wenn der Nerv eine gröfsere Strecke des Schwammstücks berührte. So oft ich diesen Versuch auch wiederholt, so habe ich diese Zunahme doch nicht beobachtet. Auch scheint mir diese Application kein einfaches Resultat zu ge-

*) a. a. O. S. 168.

ben, da die Schwammunterlage wohl nicht blofs in sofern wirkt, als sie dem Nerven mehr Berührungspuncte giebt, sondern auch durch die Feuchtigkeit, welche sie ihm mittheilt und durch die sie seine Erregbarkeit vermehrt.

Dafs zur Hervorbringung der Muskelbewegungen es gleichgültig ist, ob sich Fig. 8. zwei Nervenarmaturen *t* und *r*, oder eine Nerven- und eine Muskelarmatur *t* und *s* einander berühren, bedarf keinen Erwähnung. Man hat in Deutschland auch diese Beobachtung Herrn Volta und Creve zugeschrieben, ungeachtet mehrere Stellen in Galvani's Commentar deutlich zeigen, dafs dem grofsen Entdecker dieselbe nicht entging. *)

Da es eine Hauptbedingung Galvanischer Erscheinungen ist, dafs ein Organ mit irritablen und sensiblen Fibern zugleich versehen sey, so mufste die Bemerkung, dafs schon die Armatur blofser Muskeln wirksam ist, überaus auffallend scheinen. Diese Bemerkung, um deren Priorität Valli gegen Volta streitet, gehört ebenfalls beiden nicht, sondern Herr Galvani **) hat sie zuerst bekannt gemacht. Sie deutet überhaupt nicht auf eine Reizung ohne Nervenwirkung hin, sondern ist, wie ich glaube, ein blofses Phänomen der Zuleitung. Wenn man ein Stück Muskelfleisch so präparirt, dafs kein gröfserer Nervenast darin sichtbar ist, was bei dem

*) Vergl. Pfaff a. a. O. S. 22. und 334. Herr Volta schrieb sich diese Entdeckung selbst zu. Gren's Journ. der Physik, B. 8. S. 313. 316.

**) a. a. O. S. 51.

obern Theil einer Froschlende, oder bei den Flossen eines Fisches überaus leicht gelingt, so wird man durch den Metallreiz keine Contraction darin erregen können. Erfolgte dieselbe dennoch bisweilen bei diesen Versuchen, so weiss ich mich keines Falls zu entsinnen, in dem, bei ernsthaftem Nachsuchen mit der Lupe, es mir nicht geglückt sey, einen übrig gelassenen Nervenast zu entdecken. Dagegen ist es auffallend, dass die Bewaffnung blosser Muskeln, aus denen kein Nerv ausgeschnitten ist, nur dann wirkt, wenn eines der beiden Metalle in der Nähe des Nerven liegt, oder die Epidermis in Puncten trifft, unter denen der Nerv fortläuft. So kann man, bei der durchscheinenden Oberhaut der Wasserfrösche, die Richtung der Hauptnervenstämme durch die Pincette verfolgen, ohne diese Oberhaut im geringsten zu verletzen. Wenn ich ein Zinkplättchen auf die Bauchmuskeln des Thieres lege und mit dem silbernen Bogen die Gegend berühre, in der ich den Nervus cruralis vermuthe, so zucket die untere Extremität. Dagegen glückte mir dieser Versuch nicht bei der Lacerta agilis, in der die kleinern Nerven mit mehrerer, festerer und trocknerer, schuppenartiger Oberhaut bedeckt sind. Aus diesen Umständen glaube ich demnach den Schluss wagen zu dürfen, dass jene sogenannte Armatur blosser Muskeln eine Nervenarmatur durch Zuleitung ist, eben so wie die Contraction eines Schenkels erfolgt, sein Nerv mag wie Fig. 1—44. unmittelbar auf dem Metalle liegen, oder wie in Fig. 47. durch ein Stück Muskelfleisch *f* damit ver-

bunden seyn. Ich würde diesen Fall weniger umständlich abgehandelt haben, wenn nicht der Streit über die Herznerven, über die mein älterer Bruder und ich eine Zahl neuer Versuche angestellt, so genau damit zusammenhinge. Beide wären längst befriedigend aufgeklärt, wenn es eben so leicht wäre, Muskeln ohne Nervenfaser, als Nerven ohne Muskelfaser darzustellen.

Ich komme jetzt auf die Betrachtung der Stoffe, welche in vielen Fällen eine Bedingung des Eintretens Galvanischer Erscheinungen sind. Ich sage ausdrücklich in vielen Fällen; denn wir dürfen nicht vergessen, dass auch ohne diese Stoffe, bei bloss organisch verbundenen Theilen Muskelbewegungen erregt werden können, welche ebenfalls dem Galvanismus zugehören. Sind aber, bei mindern Graden der thierischen Reizempfänglichkeit Substanzen nöthig, welche als Kettenglieder zwischen Nerv und Muskel treten, so kommt es, um ihre Wirksamkeit zu bestimmen, auf ihre relative Stellung gegen einander, auf ihre Folge, eben so sehr, als auf ihre individuelle Natur an. Die positiven und negativen Formeln geben davon mannigfaltige Beispiele. In dem Versuch

Nerv *P P p*

bedeuten *P P* zwei Zinkplättchen und *p* einen silbernen Bogen, der das eine *P* mit dem Nerven verbindet. Er wird Contractionen hervorbringen, statt dass sie bei demselben nur gewöhnlich reizbaren Individuum in

Nerv *P p P*

wo das Silber *p* zwischen den beiden Zinkplatten liegt, constant nicht erfolgen. Hier sind einerlei Metalle in verschiedener Folge, und die Voltaische Theorie des Galvanismus, welche ich unten näher prüfen werde, gründet sich bloss auf eine solche Aneinanderreihung der Stoffe. Eben so ist, wenn *H* ein Stück Muskelfleisch von 2 bis 3 Kubiklinien bedeutet, unter den Formeln:

1) Nerv *P H p P*

2) Nerv *P p P H*

3) Nerv *P p H P H*

4) Nerv *P H p H P*

5) Nerv *P H p P H p*

6) Nerv *P H p p H P*

bei minder reizbaren Thieren, die erste, dritte und fünfte positiv, die zweite, vierte und sechste aber, wie mich häufige Versuche gelehrt, negativ. *)

Eben so wichtig zur Hervorbringung Galvanischer Erscheinungen, als die Folge der Stoffe, ist die specifike Natur derselben. Dieser Gegenstand ist von andern Physikern bereits so weitläufig abgehandelt wor-

*) Zur Erläuterung erinnere ich nur, dass die erste und zweite Formel der Hauchversuch selbst ist; in der zweiten und dritten kann man sich das *H* am Ende als einen unwesentlichen, zuleitenden Körper hinweg denken; in der vierten ist das heterogene Metall an beiden Flächen mit Feuchtigkeit belegt; in der fünften sind zwei heterogene, in der sechsten zwei homogene Metalle in unmittelbarem Contacte. Man vergleiche im fünften Abschnitt n. 3. 9. 10. 2.

den, daſs ich mich nur einiges neue hinzuzuſetzen begnüge. — Bereits im vorigen Abſchnitte habe ich gezeigt, daſs die Benennung von Excitatoren *) und Conductoren in dem Sinne, worin man ſie jetzt faſt allgemein gebraucht, auf falſche Vorausſetzungen gegründet iſt. Galvaniſche Verſuche glücken, wenn dieſe ſogenannte Excitatoren gar nicht vorhanden ſind, und jeder Conductor kann unter gewiſſen Umſtänden, als Excitator, wirken. Dazu kommt noch der Umſtand, daſs jeder Excitator ein Conductor iſt, daher man ſich im Deutſchen der Ausdrücke: bloſs leitende und: leitende und reizende Stoffe bedienen ſollte. Wie kann man aber Benennungen wählen, welche Urſachen determiniren, von deren Zuſammenhange wir noch ſo gar nichts wiſſen! Herr Volta, welcher den Grund des Galvanismus in dem durch mehr als zwei Stoffe gehobenen Gleichgewichte der Elektricität ſucht, bezeichnet Metall und feuchte Theile mit dem Namen Excitatoren der erſten und zweiten Klaſſe. Die Bologner Phyſiologen, welche den Stimulus in die thieriſchen Organe ſelbſt ſetzen, halten alle Zwiſchenglieder für Conductoren. Sollte aber aus den Organen ein Fluidum ausſtrömen, was, wenn es in Menge vorhanden iſt, ſelbſt (ohne Mitwirkung anderer Stoffe) Muskelbewegungen hervorbringt; wenn es ſchwä-

*) Einige Phyſiker nennen das Metall, welche die Muskel- und die Nervenarmatur verbindet, alſo (nach Galvani) den Muskelleiter, ausſchlieſslich den Excitator, auch wohl Entlader. Vergl. Pfaff a. a. O. S. 11.

cher ausdünſtet, erſt bei dem Durchgang durch andere Subſtanzen wirkſamer wird; ſollte ein ſolches Fluidum die Galvaniſchen Erſcheinungen veranlaſſen, wären dann nicht beide Benennungen, die der Comer und der Bologner Schule, gleich unbeſtimmt? Waren nicht, im Zuſtande erhöhter Lebenskraft, bloſs Nerv und Muskel; bei minderer Erregbarkeit, Nerv, Muskel und Metalle die Excitatoren? Es iſt ganz gegen meinen Zweck, ſchon hier, ehe die Facta alle aufgezählt ſind, von den Urſachen derſelben etwas zu anticipiren. Theoretiſche Benennungen aber, welche der Naturlehre ſo oft ſchon Nachtheil gebracht, können nur durch Gründe widerlegt werden, welche aus der Theorie hergenommen ſind.

Vorſichtiger und untadelhafter ſcheinen mir die Ausdrücke: verbindende, oder Zwiſchenglieder der erſten und zweiten Klaſſe. Sie gründen ſich auf das einfache Factum, daſs unter gewiſſen Umſtänden die unmittelbare Berührung organiſch verbundener Muskeln und Nerven keine Contractionen hervorbringt, ſondern daſs dieſelben erſt erfolgen, wenn andere getrennte Subſtanzen eine Zuleitung von einem Organe zum andern bilden. Dieſe Subſtanzen ſind alle reguliniſche, oder einfache *).

*) Einfache, bloſs in Hinſicht auf den Umſtand, daſs ſie nicht mit Oxygen verbunden ſind. Seitdem man durch Herrn Richter aufmerkſamer darauf geworden iſt, daſs Körper mit Ausſchluſs der oxygenirten Luft, zum Beiſpiel unter Waſſer, auch leuchten; ſeitdem man den Lichtſtoff den reguliniſchen Metalle beilegt, und und dieſen Lichtſtoff Phlogiſton nennt, (um doch wieder

Metalle, oxydirter Braunstein, geschwefelte Metalle als Kupferkies, Schwefelkies, Arsenikkies, Bleiglanz, Glanzkobold, Zinnerz und Magneteisenstein, Holz und Steinkohle, Kohlenblende, Graphit; nach meiner neusten Beobachtung, eine Abänderung des Lydischen Steins (vom Thüringer Waldgebirge) und Alaunschiefer; ferner Wasser und alle tropfbare Flüssigkeiten, ausser Oel; Morcheln, frisches, gekochtes und gebratenes Muskelfleisch, und andere im Zustand der Verdampfung befindliche thierische Substanzen. Bei erhöhter Erregbarkeit der Organe oder im Zustande grosser Reizbarkeit ist jeder dieser Stoffe gleich fähig die Wirkung des Nerven auf den Muskel fortzupflanzen, oder, um weniger hypothetisch zu reden, ein wirksames Glied zwischen dem Nerven und Muskel zu seyn. Bei minderer Reizempfänglichkeit aber, bei Versuchen mit matteren Thieren, erfolgen die Galvanischen Erscheinungen nur: wenn Körper der

ein phlogistisches System zu haben) seit dieser Zeit höre ich den verewigten Lavoisier oft des Irrthums zeihen, als habe er die Metalle für einfache Körper gehalten. Man vergisst aber, dass der grosse Mann seinen Begriff der Einfachheit bloss auf das Nichtabscheiden eines wiegbaren Stoffes gründete. Er hat gewiss nie daran gezweifelt, dass im regulinischen Eisen nicht das Radical der Elektricität und des Magnetismus, sammt dem Wärmestoff gebunden sey! Auf die Weise zählen wir in unsern chemischen Tabellen immer sehr unvollständig die Bestandtheile eines Körpers auf. Es möchte sich fast apodiktisch erweisen lassen, dass es keinen Stoff gebe, der in irgend einem Zustande nur aus zwei sogenannten Elementen zusammengesetzt sey.

ersten Classe (metall- und kohlenhaltige Stoffe) unter die Glieder der zweiten Classe, nach der in den positiven Formeln bestimmten Folge, gemengt sind.

Regulinische Metalle. — Die meisten Physiker, welche über den neuen Muskelreiz schrieben, haben ihre Untersuchungen fast blofs darauf eingeschränkt, den Vorzug zu bestimmen, welchen gewisse Metalle, in Betracht ihrer Wirksamkeit als Zwischenglieder, vor andern Metallen äufsern. Man nennt diesen Vorzug bald Leitungsfähigkeit, bald Excitationskraft der Metalle, je nachdem man diese, oder jene Theorie befolgt. Es ist unbegreiflich, welche Verwirrung in den Begriffen von dieser Materie in den meisten Schriften über den Metallreiz herrscht. Man vergafs, dafs die Bedingungen des Galvanismus sehr zusammengesetzt sind, um so zusammengesetzter, je schwächer die Erregbarkeit der Organe ist; dafs, um genaue vergleichende Versuche zu machen, es auf einerlei Grad der Reizempfänglichkeit der Thiere, auf gleiche Temperatur, Isolirung und Form der Metalle, auf gleichartige Berührung derselben mit den thierischen Theilen ankommt. Man betrachtete die Nervenarmatur anfangs gar einzeln, ohne Rücksicht auf die Muskelarmatur, mit der sie wirkt; läugnete *) den, nach meinen Versuchen so überaus wirksamen Verbindungen von Eisen, Blei, Kupfer und Kobolt mit Stanniol gar alle Excitationsfähigkeit ab, und stellte eine Menge falscher Thatsachen auf, weil man die Versuche nicht vor-

*) S. Herrn Hecker's Behauptungen in der Medic. chir. Zeitung 1793. V. S. III.

sichtig genug vervielfältigte. Herrn Pfaffs Scharfsinn *) war es vorbehalten, Licht über diesen wichtigen Gegenstand zu verbreiten, und durch sorgfältige Unterscheidung ähnlicher und unähnlicher Fälle richtige Tabellen über die Wirksamkeit der Metalle zusammenzutragen. Bei dem Gebrauche dieser Tabellen ist indess nie zu vergessen, dass die Erregbarkeit der Organe für den Effect der Reizung eine eben so nothwendige Bedingung, als der Wärmegrad für die Verwandschaftstafel **) ist. Man lasse sich nicht täuschen, wenn auch bei einem und demselben gesunden Thiere ein Organ zu verschiedenen Zeiten, oder verschiedene Organe zu einer Zeit Zuckungen zeigen, welche mit der sorgfältig ergründeten Kraft der Excitatoren in umgekehrtem Verhältnisse stehen. Der schwächere Stimulus ist auf einen empfänglichern Theil wirksamer, als der stärkere auf einen empfänglichern. Herr Reil ***) drückt sich hierüber sehr treffend aus: „*Cum enim quodvis organon* „*singulaeque illius partes sua, ad suas functiones accomo-* „*data fabrica polleant, minimaque fabricae differentia effec-* „*tus vis motoriae mutet, quodvis organon, immo singulae* „*illius partes propriis et diversis stimulis essent sollicitandae,* „*ut inde verum judicium de illius irritabilitate hujusque* „*gradi.*

*) a. a. O. S. 45. 54. 63. 200. und 219.

**) Antiphlogistische Anmerkungen zu Kirwan's Abhandlung vom Phlogiston 1791. S. 33. Klaproth's Beiträge zur chemischen Kenntniss der Mineralkörper, B. 1. S. 372.

***) Reil *et* Gautier *de irritabilitatis notione, natura et morbis* 1793. *p.* 68. *et* 70.

„*gradibus feratur*,„ und „*patet in ipso sano corpore irri-*
„*tabilitatem mutabili, non fixo gradu gaudere, eamque*
„*mox deprimi, mox exaltari, ideoque stimulos, ratione*
„*quantitatis et qualitatis eosdem, diverso tempore admotos,*
„*diversum mox majorem, mox minorem effectum proli-*
„*cere.*„ Ich habe oft beobachtet, wie mir Zink und Gold bei der trägen aber frisch secirten Hausunke (Rana portentosa L.) schwächere Muskelcontractionen zeigten, als Blei und Silber bei tagelang abgelösten Froschschenkeln. Vor wenigen Tagen hatte ich aus Versehen mehrere Kröten (Rana bufo L.) mit Wasserfröschen einfangen lassen; sie waren überaus matt und ihr Nervus cruralis war nur für Zink und Silber empfänglich. Ich veränderte bloss den Zustand der Erregbarkeit der Organe, badete die Spitze des Nerven in oxygenirter Kochsalzsäure einige Secunden lang, und nun verursachten selbst Eisen und Blei heftige Zuckungen. Wer bloss den Galvanischen Versuch selbst, nicht aber meine Zubereitung des thierischen Organs beobachtet hätte, würde also leicht auf irrige Begriffe über die relative Wirkungskraft jener vier Metalle, Zink, Silber, Eisen und Blei geleitet worden seyn.

Gekohlte und geschwefelte Metalle — Auch die Verbindung der regulinischen Metalle, zum Beispiel des Eisens, mit dem Kohlenstoffe raubt ihnen ihre Excitationsfähigkeit nicht. Ich habe oft reines (geschmeidiges) Eisen und gekohltes (Stahl), oder überkohltes (Gusseisen) versucht, und alle drei sehr wirksam gefunden. Ja! es scheint, als wäre das Eisen in gleichzeitiger Application mit Zink um so

geschickter, lebhafte Contractionen hervorzubringen, je mehr es mit Kohlenstoff gemengt ist. Das graueste Roheisen, in dem der Graphit, wenn die Ganz abgestochen ist, oft in sechsseitigen Tafeln beim Erkalten krystallisirt, excitirt am heftigsten. Zwei wirksame Stoffe, Eisen, und Kohle äussern darin ihre vereinte Kraft. Ich bin lange in dem Irrthume gestanden, als wenn auch das magnetische Fluidum eine, für den Galvanismus bemerkbare Heterogeneität in den Metallen hervorbrächte. Ich sah matte Frösche, deren Nerv mit geschmeidigem Eisen armirt war, keine Contractionen leiden, wenn gemeiner Stahl der Muskelleiter war. Diese Contractionen erfolgten aber sogleich, als ich einen Magnetstahl *) zur Nervenarmatur nahm. Ich glaubte nicht, dass die Ungleichartigkeit zwischen reinem und gekohltem Eisen geringer seyn sollte, als zwischen Stahl und Stahl, und suchte die Ursache der Erscheinung in dem magnetischen Fluidum selbst. Herrn de la Roche**) wichtige Schrift über die Wir-

*) Selbst Magneteisenstein ist ein wirksamer Excitator, obgleich Herr Hecker beobachtet haben will, dass auch magnetische Mineralien überhaupt untauglich zur Hervorbringung von Muskularcontractionen waren. S. a. a. O. S. 3.

**) *Analyse des fonctions du système nerveux pour servir d'introduction à un examen pratique des maux des nerfs à Genève* 1778. Leider! erst 1794, aber trefflich übersetzt von Herrn D. Merzdorf. Der Genfer Arzt versichert selbst gesehen zu haben, "dass der künstliche "Magnet auf Theile des Körpers aufgelegt die Transpi- "ration desselben merklich vermehrt, an denselben die "natürliche Wärme wieder herstellt, die selbst der "wärmste Anzug nicht verschaffen konnte, atrophischen

kung des Magnets auf die thierische Oekonomie, und die so oft wiederholte Fabel, dass magnetisirtes Eisen Zahnschmerz und Magenkrampf in gewissen Fällen lindere, führte mich zu meinen Versuchen zurück. Für eine Kraft, der man kaum wagt, ein eigenes materielles Substrat zu geben, die sich nur durch Anziehen und Abstossen, durch eine Lage, welche sie gewissen Stoffen mittheilt, äussert, über die man in vollen fünftehalbhundert Jahren auch fast gar nichts entdeckt hat, für eine solche Kraft wäre es gewiss interessant, sie einmal in einer neuen, gleichsam chemischen Wirkungsart zu überraschen.

Ich wählte zu meinen Versuchen einen magnetisirten Stahl, dessen kräftige Pole sehr glatt polirt waren. Ein Pol verhielt sich beim Galvanisiren wie der andere, und der ganze künstliche Magnet, wie jeder unmagnetische Stahl. *) Ich fing daher an, jene

"und geschwächten Organen ihre Kraft wieder giebt, "den Ton der Eingeweide und den Fluss der monatlichen "Reinigung herstellt und Nervenzufälle heilt." Der Verfasser hat sich selbst sogar "durch den Magnet von einem "flechtenartigen Ausschlag befreit, der ihm sehr lästig "war." — Man untersuche Facta durch Facta, aber vergesse den Denkspruch des grossen Baco nicht: Chymici e paucis experimentis ad foculum et fornacem novam Philosophiam excuderunt, et Gilbertus, popularis noster, novam Philosophiam e Magnete elicuit. *(Op. omnia 1694. p. 21.)*

*) Die seit Musschenbroek, Aepinus und Cigna so berufene Analogie zwischen Elektricität und Magnetismus brachten mich auf die Idee, beide Kräfte in ihrer Verbindung zu versuchen. Ich liess elektrische Ströme durch einen künstlichen Magnet gehen, bemerkte aber nicht, dass seine Ziehkraft davon gemindert wurde. Die Ge-

oben bemerkte Heterogeneität, nicht der magnetischen Kraft, sondern der zufälligen Ungleichartigkeit des Metalls zuzuschreiben. Ich fand, daſs, selbst bei mattern Thieren, nicht bloſs magnetischer und unmagnetischer Stahl, sondern auch zwei Stahlarten, welche Theile eines Werkzeuges ausmachten, und im Aeuſsern auf gleiche Mischung schlieſsen lieſsen, Contractionen im Muskel hervorbrachten. Eine chemische Analyse der angewandten Stahlarten würde hiebei wenig entschieden haben, da (wie meine Versuche mit dem Lydischen Steine lehren) die Nerven von einem Minimum mehrern oder mindern Kohlenstoffs afficirt werden, das unsere chemischen Werkzeuge nicht angeben. Ich schlug daher einen andern Weg ein. Ich suchte zwei Stahlnadeln aus, welche so gleichartig in ihrer Mischung waren, daſs sie bei minder lebhaften Thieren keine Zuckungen erreg-

wichte, welche er trug, schwankten, weil sie mit im elektrischen Wirkungskreise hingen; der Magnet lieſs aber keines derselben fallen. Diese Versuche lassen sich indeſs noch mannigfaltig abändern, ehe sie reine Resultate geben können. Man müſste beobachten, ob die Kraft eines Magnets abnähme, wenn er Wochen lang, täglich einige Stunden im elektrischen Bade hinge. Daſs heftige Schläge von der positiven und negativen Elektricität der Kleistischen Flaschen Magnete auf einmal unmagnetisch machen, ist sehr bekannt und durch Analogie mit dem Blitze entdeckt worden. Ich bin aber überzeugt, daſs auch ein anhaltendes elektrisches Ausströmen langsam ähnliche Wirkungen hervorbringen kann. Seitdem Herr von Marum die groſse Entdeckung des gebundenen Wärmestoffs in der Elektricität gemacht hat, scheinen elektrisiren und glühen sehr analoge Erscheinungen zu seyn, und daſs das leiseste Erwärmen eines Magnets seine Ziehkraft mindert, ist eine sehr alte Beobachtung.

ten. Diese Zuckungen blieben ebenfalls aus, als trockner Silberdrath c (Fig. 48.) die Nerven- und Muskelarmatur *a*, *b* von Stahl berührte. Da nun jedes Eisen, welches mit einem Magnete in Berührung ist, so lange diese Berührung dauert, selbst magnetisch wird, so hielt ich einen künstlichen Magnet an die Stahlnadel *a*. Die magnetische Kraft wurde auf die Art durch c gehindert nach *b* überzuströmen, und das Thier war jetzt mit einem magnetischen Metalle armirt. Aber das magnetische Fluidum brachte für den Galvanismus keine Ungleichartigkeit der Mischung hervor, und die Schenkelmuskel blieben unbewegt. Ich verwandelte nun die Armatur *a* durch Bestreichen in einen künstlichen Magnet; selbst die Politur der Nadel hatte davon gelitten, (ein Umstand, der für den Begriff der Heterogeneität sonst überaus wichtig ist) aber auch nun erfolgten keine Muskelbewegungen. Mehrerer Versuche bedurfte es wohl nicht, um zu zeigen, dass die Wirkungen der magnetischen Kraft auf die belebte thierische Materie sich bisher dem Beobachter noch nicht sinnlich darstellen lassen. *) Wenn sie aber auch unsern

*) Durch einen freundschaftlichen Brief des Herrn Sömmering bin ich von einem Versuche benachrichtigt worden, in welchem der erwärmte elektrische Schörl (Turmalin) eine ganz auffallende Wirkung auf die Nervenfaser äussern soll. Ich habe sogleich thierische Organe auf mannigfache Weise mit diesem Fossile behandelt, aber keine andere Erscheinung dabei bemerkt, als die, dass der Turmalin, wenn seine Elektricität erregt ist, den Nerv (wie jeden andern leichten Körper) anzieht, ein Factum, das man freilich schon zu des Arabers Sera-

Sinnen entgehen, so ist ihre Existenz deshalb nicht zu läugnen. Alle Kräfte in der Natur wirken gegenseitig in einander; in dem grofsen Gemische irdischer Stoffe ist kein einzelner, der isolirt steht; wird aber schon jedes Element durch das andere modificirt, wie viel wahrscheinlicher ist es nicht, dafs ein so zusammengesetztes Aggregat verschiedenartiger Elemente, als die thierische Maschine ausmacht, von allen Objecten und Kräften der äufseren Sinnenwelt mannigfaltig erregt wird. Jedes dieser Objecte ist gleichsam ein Stimulus für die reizempfängliche belebte Faser, und wenn gleich kein Versuch es sinnlich erweisen kann, so ist es aus analogen Beobachtungen doch eben so wahrscheinlich, dafs die Farbe eines Resonanzbodens den zurückgegebenen Schall modificirt, als dafs der schwächste Magnet in der Nähe eines belebten Thier- oder Pflanzenkörpers die Aeufserungen seiner Lebenskraft, die Schnelligkeit seiner Assimilation, den Umlauf seiner Säfte und andere vitale Functionen modificirt.

Unter den vererzten Metallen hat Herr Pfaff den Kupferkies, Schwefelkies, Arsenikkies, Bleiglanz, Glanzkobolt und den Zinnstein, als wirksame Zwischenglieder beim Galvanischen Versuche entdeckt. Kupferglas, Zinnober und Blende stör-

pions Zeiten kannte. Von jeher sind dem elektrischen Schörl sonderbare Eigenschaften beigelegt worden. Vor zwanzig Jahren behauptete man öffentlich, die Mimosa pudica zöge, in Berührung mit Siegellack und Turmalin, ihre Blätter nicht zusammen, und Herr Ingenhoufs mufste diese Meinung ordentlich widerlegen.

ten die Contractionen, wenn sie in die Kette traten. Eben so störend fand ich Weiss- und Grünbleierz, graue Bleierde, Raasen-Eisenstein, fasrigen braunen Eisenstein, Spat-Eisenstein, Kornisch Zinnerz, Malachit, Kupferlasur, dunkel und lichte Rothgültigerz und Pecherz. Ich glaube, dass dieser Unterschied zwischen wirksamen und unwirksamen Erzen in dem Zustande der Oxydation gegründet ist, in welchem sich ein Metall befindet. Im Schwefelkiese und Bleiglanze ist regulinisches, einfaches Eisen und Blei mit Schwefel; im Rothgültigerz, ist nach unsers grossen Klaproth Entdeckung, *) Silberkalk mit Schwefelsäure verbunden. Die Erze, welche regulinische, geschwefelte Metalle enthalten, haben vollkommen metallischen Glanz; **) die Erze, in welchen das Metall mit Sauerstoffe mehr oder weniger gesättigt ist, zeigen nach diesem Grade der

*) Crells Annalen 1792. St. 1. Bergm. Journ. 1792. S. 141. *Annales de Chymie* 1793. *Tome* 18. p. 81. (Rozier *Journ. de Physique* 1793. *Oct. p.* 291.) und in Herrn Klaproths klassischem Werke: Beiträge zur chemischen Kenntniss der Mineralkörper B. 1. S. 151.

**) Auch in dem Eigenthümlichen des metallischen Glanzes scheint mir, wie in den meisten optischen Phänomenen, noch viel Räthselhaftes. Man schreibt es allgemein (Macquers chem. Wörterbuch, B. 4. p. 198.) der grossen Dichtigkeit der Metalle zu. — Aber woher der oft vollkommen metallisch glänzende Glimmer? — Was geht in seichten Sumpfwässern vor, deren Oberfläche mit halbmetallischen, speisgelben und bergblauen Farben schillert? Was ist das metallisch glänzende am Gefieder der Schmetterlinge und den Flügeldecken so vieler Insecten?

Oxydation, verſchiedenartige bunte Farben. Beiſpiele davon geben Kupferlaſur, Malachit oder Weiſsbleierz und Kupferkies; Eiſenglanz oder Arſenikſilber. Buntangelaufene Metalle ſind gleichſam die erſte Stufe der Oxydation. Ich habe oft bemerkt, daſs diejenigen Stellen einer Silberplatte, welche mit blauen und gelben Lichtſtrahlen ſchillerten, faſt gar keine Galvaniſche Erſcheinungen hervorbrachten. Eben ſo mindert das Anblaſen des reguliniſchen Zinks mit heiſsen (leicht zerſetzbaren) Waſſerdämpfen ſeine Excitationskraft. Der geringſte Grad der Säuerung äuſsert ſich ſchon durch Modification des metalliſchen Glanzes. Je mehr die Säuerung zunimmt, je inniger die Verbindung des Metalls mit dem Oxygene iſt, deſto mehr nimmt die Capacität eines Körpers für den Wärmeſtoff, ſeine Eigenſchaft, idioelektriſch zu ſeyn, zu; deſto mehr nimmt ſeine Elektricität- und Wärmeleitende Kraft*) ab, deſto mehr

*) Wie die Wärmeleitende Kraft eines Körpers und deſſen Capacität mit ſeiner Oxydation ab und zunehmen, habe ich an einem andern Orte zu erweiſen geſucht. S. Crells Annalen 1792. B. 1. S. 423. — Rozier *Journ. de Phyſique* 1793. *Oct. p.* 304. und meine Abhandlung über Conſtruction der Salzpfannen im Bergm. Journal 1792. Febr. S. 120. Die Einwendungen, welche man neuerlichſt gegen die, von Herrn Mayer gegebenen Formeln, die auch meinen Berechnungen zum Grunde liegen, gemacht, ſcheinen mir nicht deutlich genug entwickelt. Die Mayerſchen Formeln über Wärmeleitung ſtimmen mehr mit der Erfahrung überein, als es bei ſo mangelhaften Angaben der ſpecifiſchen Gewichte und Wärmen zu vermuthen war, und ich wundere mich, daſs Herr Gren die Uebereinſtimmung für zufällig hält.

entfernt er sich vom metallischen Glanze, wird undichter, durchsichtiger, und wirft getheilte Lichtstrahlen, das heisst, bunte Farben zurück. Wird das Metall endlich ganz mit Oxygen gesättigt, so nimmt die Brechung der

(Grundriss der Naturlehre 1793. §. 743.) Ein Hauptnutzen, welchen man aus der Mayerschen Entdeckung für die Physik ziehen kann, scheint mir der zu seyn, wo directe Erfahrungen über Wärmeleitende Kraft L zweier Körper vorhanden sind, aus der Formel $L = \frac{1}{pc}$, die specifische Wärme $c = \frac{1}{pL}$ zu berechnen, und so die Crawfordschen Angaben zu prüfen. Dass diese Angaben noch immer unendlich schwankend und unbestimmt sind, haben mich mehrere Prüfungen gelehrt. (Vergl. auch Gehlers Wörterbuch, Th. 4. S. 577.) Die Wärmeleitende Kraft des Flintglases, zum Beispiel, ist wie der Collecteur du feu der Herren Saussure und Ducarla und zahllose tägliche Erfahrungen lehren, sehr geringe. Crawford giebt seine Capacität aber auf 0, 174 an. Nimmt man dazu sein specifisches Gewicht = 3, 150 und die relative Wärme = 0, 548, so folgt daraus die Leitungskraft des Flintglases = 1, 824. Diese Kraft übersteigt demnach die des Goldes, Silbers, Bleikalkes, ja selbst die des Spiessglases. Die Angabe der Capacität muss daher wohl irrig seyn! Noch auffallendere Widersprüche geben die Angaben von der specifischen Wärme der atmosphärischen Luft und ihrer nach dem Graf Rumford (Benjamin Thompson) so geringen Leitungskraft. Diese beträgt 80, wenn Quecksilber = 1000 ist, also auf Wasser reducirt = 0, 253. Für tropfbare Substanzen, wobei man auf die Massen und die specifische Wärme des Quecksilberthermometers und des Gefässes, in dem sie eingeschlossen sind, nicht Rücksicht nimmt, kann das Mayersche Gesetz $c = \frac{1}{pL}$ dienen. Bei elastischen Fluiden aber ist (Versuch über den Wärmestoff S. 262.) diese Berechnung nur dann möglich, wenn jene Massen und specifischen Wärmen des Gefässes m und a und die

Lichtstrahlen wieder ab, und der Körper erscheint meist von weifser Farbe. Eben dieses Phänomen glaube ich im Pflanzenreiche bemerkt zu haben, wo ebenfalls die Kronenblätter (petala) und diejenigen Theile, welche nicht ausathmen (und in de-

des Thermometers μ und α bekannt sind. Denn bei diesen darf man die Grössen m, μ, a und α gegen $\frac{1}{pc}$ nicht verschwinden lassen. Nach des scharfsinnigen Graf Rumfords Versuche ist daher $\frac{1}{pL} = 3214$. Die wahre Capacität der atmosphärischen Luft wäre demnach $= 3214 - \frac{ma - \mu\alpha}{p}$. Freilich ist der Werth von p (das specifische Gewicht) in dieser Formel sehr geringe, da aber der Werth von $\frac{1}{pL}$ so ungeheuer gross ist, so vermuthe ich entweder, dass die Capacität der Luft um vieles grösser ist, als sie Herr Crawford angiebt, oder dass, wie auch ein Versuch des vortrefflichen Physikers Pictet (Ueber das Feuer S. 115. Anmerkung) lehrt, Luft ein besserer Wärmeleiter als Wasser ist. Hat Herr Crawford doch schon zwei Angaben über die Capacität der oxygenirten Luft bekannt gemacht, von denen eine 87,000, die andere aber 4,749 beträgt! Es scheint mir ungemein wichtig zu seyn, auf diese Umstände aufmerksam zu machen, da Berichtigung physikalischer Begriffe mehr Werth, als ihre Erweiterung hat. Mein verewigter Freund Herr Gehler glaubt, (Phys. Wörterbuch Th. V. S. 954.) dass das von mir behauptete Gesetz, die Capacität eines Körpers werde nach Verhältnifs seiner Oxydation vermehrt, mit dem Crawfordischen Satze, dass Entziehung des Phlogistons die Capacität verstärke, übereinkomme. Beide Vorstellungsarten sind aber sehr verschieden, und geben nicht, wie das Multipliciren zweier positiven und negativen Factoren, gleiche positive Producte. Herr Crawford nimmt Entweichungen des Phlogistons an, wo das neue System wohl eine Säuerung, nicht aber eine Verbindung des Oxygens mit dem zu-

nen sich der, aus dem zersetzten Wasser gezogene Sauerstoff anhäuft.) alle Farben der metallischen Kalche annehmen. Da unsere Art, mineralische Stoffe chemisch zu untersuchen, auf dem trocknen Wege das Oxygen der das Feuer umgebenden Luft, auf dem nassen Wege das Oxygen des Wassers und der Säuren in Berührung mit dem zu zerlegenden Körper bringt; so ist es fast unmöglich aus den Producten der Analyse zu schliessen, ob Metalle oder Schwefel rein und einfach, oder leise oxydirt in den Erzen enthalten waren. Um so wichtiger scheint es mir, seine Aufmerksamkeit auf die Farben und den Glanz metallischer Substanzen zu richten, um daraus nach analogen Schlüssen etwas über den Zustand ihrer Oxydation zu folgern. Eben dieser Zustand scheint zugleich

rückbleibleibenden fixen Körper annimmt, dessen Capacität untersucht wird. So leidet z. B. mein Gesetz nicht im mindesten von der Einwendung, durch welche Herr Gehler (Wörterbuch Th. IV. p. 581.) das Crawfordsche umstöfst, nemlich von dem Widerspruche, dafs die Capacität der Steinkohlenasche geringer, als die der ungebrannten Steinkohle ist. Die erstere sollte weniger Phlogiston (wenn es eines giebt!) enthalten, nicht aber mehr Sauerstoff. Die Kohle verbindet sich im Brennen mit dem Oxygene der Atmosphäre, und aus dieser Verbindung entsteht Luftsäure, welche sogleich entweicht. — Zur Vervollständigung dieser Materie füge ich noch zwei Bemerkungen hinzu; erstlich dafs ich die geringe Wärmeleitende Kraft der Asche, welche für den Techniker so wichtig ist, bereits beim *Aristoteles Problemat. Sect. XXV.* 17. angezeigt finde, und zweitens, dafs einerlei Substanzen wohl darum oft gleich vollkommene Leiter des Wärmestoffs und der Elektricität sind, weil die elektrische Materie gröfstentheils aus gebundenem Wärmestoffe besteht.

das Kriterium zu seyn, nach welchem Erze, als wirksame oder unwirksame, Zwischenglieder der Galvanischen Kette zu betrachten sind.

Oxydirter Braunstein — Auffallend ist es in der That, dass diese einzige Verbindung eines Metalls mit Sauerstoff vollkommene Leitungskraft für das Galvanische Fluidum äussert. Herr Pfaff hat dieselbe beim strahligen und dichten Grau-Braunsteinerze bemerkt. Ich selbst habe durch Armirung der Nerven mit dem kleinnierenförmigen und staudenförmigen Schwarz-Braunsteinerze von Grosskamsdorff und Könitz, mittels eines Muskelleiters von Silber, die lebhaftesten Bewegungen erregt. Dem Schwarz-Braunsteinerze ist aber (wie ich durch einfache Versuche gefunden) ausser dem Eisen, auch Kohlenstoff wesentlich beigemengt, und da wir seit Herrn Volta's und Blumenbachs Entdeckung die Excitationskraft der Kohle kennen, so ist es mir sehr wahrscheinlich, dass bei meinen Versuchen nicht der oxydirte Braunstein, sondern der Kohlenstoff wirksam war. Könnte nicht eben dieser Umstand bei dem Grau-Braunsteinerze statt finden? Es ist bekannt, dass alle Braunsteinkalche geglüht ein Gemenge von oxygenirtem und kohlensaurem Gas geben; daher man bei Arbeiten, wo man mehr die Kohlensäure, als das Azote vermeiden will, zur Erhaltung der Lebensluft sich lieber des Salpeters, als des Braunsteinkalchs, bedient. Sollte die Kohlensäure schon ganz im Kalche präexistiren, sollte nicht auch dem Grau-Braunsteinerze Kohlenstoff beigemengt seyn, der

in Berührung mit dem entweichenden Sauerstoffe sich zur Luftsäure bildete? Sollte der auffallende metallische Glanz, welchen der graue Braunsteinkalch zeigt, nicht von dieser Verbindung mit Graphit herrühren? Wenigstens fand ich mehrmals, wenn ich Ilefelder strahliges Grau - Braunsteinerz in Mineralsäuren auflöste, einen unauflöslichen Rückstand, welcher nicht die, von Bindheim beobachtete Kieselerde war, sondern (wie beim Schwarz-Braunsteinerze) Kohlenstoff zu seyn schien. Geübtere chemische Analytiker werden hierüber entscheiden; denn für die Gesetze des Metallreizes ist es ein ungemein wichtiges Problem, ob reine Braunsteinkalche eine Kraft haben, welche allen andern Metallkalchen zu fehlen scheint. Der oxydirte Braunstein, den unsere Apotheken käuflich liefern, ist völlig unwirksam. Meine Musse hat es mir noch nicht erlaubt, einen möglichst reinen Braunsteinkönig zu schmelzen, und diesen künstlich zu verkalchen. Auf dem Wege würde die Rechtmässigkeit meiner Zweifel am leichtesten zu ergründen seyn.

Holz- und Steinkohle, Kohlenblende, Graphit. — Die wichtige Entdeckung über die Holzkohle gehört dem grofsen Physiker von Como, Volta, nicht aber Herrn Fontana, welchem man sie in Paris *) zuschrieb, weil dieser die erste Nachricht davon an Delametherie gab. Es ist bekannt, dafs nur wohlausgebrannte Kohlen Excitationskraft zeigen, doch ist mir der Pfaffsche Versuch **)

*) *Roz. Journ. de Physique* 93. *p.* 292.

**) S. a. a. O. S. 48. und 216.

durch neues Glühen einer nicht reizenden Kohle die reizende Eigenschaft zu geben, nur selten geglückt. Ich stelle mir vor, daſs der Zustand der Umhüllung, in welchem das Hydrogen den Kohlenstoff hält, diesen letztern zu den Galvanischen Erscheinungen unfähig macht. Ich habe deshalb die Versuche wiederholt, zu denen mich Herrn Berthollet's Abhandlung in den *Annales de Chymie* (1790 *Th. VI. p.* 238.) über das Schwarzwerden der Baumrinde schon ehemals veranlaſste, und welche ich am Ende meiner Aphorismen aus der chemischen Pflanzenphysiologie beschrieben habe. Ich setzte blendend weiſse Spähne von Kieferholz (Pinus sylvestris L.) unter eine Glocke mit Lebensluft, welche von der Luftsäure sorgfältig gewaschen war. Die Temperatur des Zimmers war 18 Grad Reaum. Nach fünf Stunden fing das Holz an zu schwitzen, oder mit Wassertropfen bedeckt zu seyn. Nach vierzehn Stunden zeigten sich schwarze flammige Streifen, wo das Wasser herablief. Diese Streifen nahmen in zwei Tagen beträchtlich zu. Ich untersuchte die mit Quecksilber gesperrte Luft in der Glocke, und fand (was Herr Berthollet nicht bemerkte) deutliche Spuren von Kohlensäure in der Lebensluft. In dem fiberösen Theile des Holzes ist Wasserstoff, Kohlenstoff, Sauerstoff, Bittersalzerde, Kalcherde, vielleicht (wenn man, trotz der widerstreitenden Versuche eines Marggraf und Wiegleb, das nach der Verbrennung übrige Pflanzenalkali gröſstentheils als neu entstanden betrachtet) auch Azote enthalten. Der Wasserstoff scheint bei

einerlei Temperatur nähere Affinität zum Sauerstoffe, als der Kohlenstoff zu haben, daher sich zuerst Wasser und dann erst Kohlensäure bildet. Der Kohlenstoff mit Erden *) verbunden und vom Hydrogen enthüllt, **) stellt sich in seiner schwarzen

*) Reiner Kohlenstoff als fester Körper dargestellt, ist wahrscheinlich nicht schwarz. Crell's Annalen 1795. S. 118. Ueberhaupt glaube ich, dass keine Farbe irgend einem Elemente eigenthümlich ist. Der einfache Schwefel ist gelb, wie die Verbindung von Blei mit Wasserbleisäure. Der Sauerstoff modificirt die Farben, nur weil er das Oberflächenansehen der Körper ändert. Vielleicht könnte jeder einfache Körper jede Farbe zeigen, wenn man ihn nach allen Graden der Dichtigkeit, Dünnflüssigkeit u. s. f. erstarren lassen könnte.

**) Umhüllt nenne ich einen chemischen Bestandtheil eines Körpers, wenn er mit einem andern so verbunden ist, dass jener, (der umhüllte) durch diesen gehindert wird, die ihm isolirt zukommenden Eigenschaften zu äussern. Die Ursache dieser Hinderung liegt gewiss nur darin, dass sich die Affinität der umhüllenden Substanz α gegen die umhüllte β wirksam zeigt, und dass daher, wenn $\alpha + \beta$ in Verhältniss zu einem dritten Körper tritt, das Spiel einer zusammengesetzten Verwandschaft anfängt. Was ich Umhüllung nenne, mag sich also wohl auf den allgemeinen Begriff der Bindung reduciren; unsere chemischen Kenntnisse sind aber noch nicht vervollkommnet genug, um aus dem, was wir von den Affinitäten und dem Ineinanderwirken der Stoffe wissen, jene Erscheinungen erklären zu können. Auffallend z. B. ist es, dass im Spinelle 15 Theile Kieselerde gegen 76 Theile Thonerde dem Fossile alle Kennzeichen einer Gattung aus dem Kieselgeschlechte geben, während dass sich im Thonschiefer nur 26 Theile Thonerde gegen 46 Theile Kieselerde finden. So enthält der Amianth nur 0, 18 Talkerde gegen 0, 64 Kieselerde und eine Thongattung, der Chlorit 0, 06 Thonerde gegen 0, 39 Talkerde. Alles was die Oryktognosten der Wernerschen Schule von charakterisirenden Bestandtheilen und von dem

Farbe dar, und — diese schwarzen Streifen wurden nun zu Nervenversuchen angewandt. Ich präparirte den Cruralnerv eines lebhaften Laubfrosches, und brachte denselben in Berührung mit den geschwärzten Stellen des Holzes. Die Verbindung mit dem Muskel geschah durch Gold. Nach langen vergeblichen Versuchen fand ich Holzstreifen, welche heftige Contractionen erregten. Bedarf es eines deutlicheren Beweises für meine Vermuthung, dass die leiseste Umhüllung mit Wasserstoff dem Kohlenstoffe in der weniger ausgebrannten Holzkohle die excitirende Kraft raubt? Ja! ich war noch glücklicher. Ich äusserte in meinen Aphorismen über

Eintheilungsgrunde der Geschlechter angeben, beziehet sich auf die Idee eines umhüllenden Stoffes. Aber bei den unterirdischen Gasarten sind die Wirkungen der Umhüllung auf specifisches Gewicht, Respiration, Brennen der Lichter u. s. f. noch weit problematischer. S. meinen Brief an Herrn Lampadius in Crell's Annalen 1795. B. 2. St. 8. S. 104. und 100. — Drei Körper *a*, *b* und *c* können aus gleichen Quantitäten Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff und Metall zusammengesetzt und in ihrer Natur doch unendlich verschieden seyn. In *a* kann ein Theil des Wasserstoffs frei, ein anderer den Kohlenstoff umhüllend, sich dem öhlichten Zustande nähernd, vorhanden seyn. In *b* kann ein Theil Stickstoff an den Sauerstoff als ein schwaches Salpetersaures, und dieses an das Metall gebunden seyn. In *c* bildet etwas Wasserstoff mit dem Azote vielleicht Ammoniak und das Metall ist leise oxydirt. Unsere analytische Chemie giebt über die specifiken Bestandtheile der Körper und ihre quantitativen Verhältnisse richtige Aufschlüsse; in den Kunstgriffen aber, die relative Umhüllung der Elemente zu prüfen, sind wir noch weit zurück.

über die Pflanzenphysiologie *) bereits die Idee, daſs der Brand der Bäume (uredo) entweder von dem Sauerstoffe der Atmosphäre, oder von dem Sauerstoffe, welchen die kranken Gefäſse in Uebermaaſs durch die Säfte zuführen, herrühre. Ich stellte mir vor, daſs im lebenden Baume eben die Enthüllung des Kohlenstoffs vom Waſſerstoffe vorgehe, welche ich unter meinen Glocken beobachtete. Jetzt hat sich diese Vermuthung durch die Galvanischen Versuche auffallend bestätigt. Ich nahm Holz, das aus der Brandwunde eines alten erkrankten Maulbeerbaums ausgeschnitten war, und bediente mich seiner zur Nervenarmatur. Ich fand Stücke darunter, welche Muskelbewegungen in Verbindung mit Silber erregten, ob sie gleich keine Spur abfärbender Kohle zeigten. Zuletzt versuchte ich noch die schwarzen Streifen, welche das Holz theils unter Waſſer, besonders bei Einwirkung des Sonnenlichtes, theils mit concentrirter Schwefelsäure betröpfelt, annimmt, und welche ebenfalls als das Resultat einer Waſſer- und Säurezersetzung und eines enthüllten Carbons zu betrachten sind; aber mit diesen Stoffen wurde ich in meinen Hoffnungen bisher noch getäuscht.

Als Herr Volta die erste Nachricht von seinen Versuchen mit der Holzkohle den Bologner Physikern ertheilte, stellte der dortige Professor der Chemie, Aloysio Laghi, **) welcher auf päbstlichen

*) Auch Gehlers Wörterbuch, Th. V. S. 694.

**) Johann. Aldini *de animali electricit.* 1794. *p.* 15. u. 16. „ea quae generatim cum fossili carbone bi-

Befehl eben neue, in der Romagna entdeckte Steinkohlen analysirte, Galvanische Versuche mit diesen an. Sie misglückten ihm sowohl, als Herrn Aldini, welcher mit englischen Steinkohlen experimentirte. Sie fielen, durch ihre elektrische Nerventheorie geleitet, auf die Idee, dass das beigemengte Bitumen die Excitationskraft hindern könne, und schwefelten die Steinkohlen ab. Augenblicklich waren dieselben nun zur Hervorbringung Galvanischer Erscheinungen geschickt. Ja! man konnte in einem Stücke Coak deutlich diejenigen Stellen, welche gehörig ausgebrannt waren, von denen unterscheiden, welche das Feuer weniger getroffen hatte, und welche daher das Galvanische Fluidum in seinem Umlaufe aufhielten. *) Wer häufig bei dem fälschlich sogenannten,

„tuminosa substantia juncta est, omnem car„boni adimit vehendae animalis electricita„tis potestatem. Propositam conjecturam „firmavit eventus: torrefactos fossiles car„bones, cum nostrates, tum anglicos, adhi„buimus, qui armaturam statim praebuerunt „commodissimam; aberant quippe ignis ac„tione a carbone idioelectrica principia, „quae animalis electricitatis excursionem „antea morabantur.„

*) „Interea vero phaenomenon accidit, in quo „maxime electricitatis ingenium eluxit: ni„mirum cum spinali medullae torrefactos „fossiles carbones subjiceremus, atque arcus „a musculis ad carbones fieret, statutis qui„busdam punctis exoriebatur constanter „contractio, aliis negabatur semper: nempe „in eodem carbone ignis actio partes alias „deferentes fecerat, alias quod uberiori bi„tuminoso scaterent principio idioelectricas „relinquerat.„ Aldini *l. c.*

oft sehr entbehrlichen Abschwefeln der Steinkohlen zugegen war, wird oft, wenn der niedrige Meiler aufgebrochen ist, die schönsten klingenden, (blumenkohlähnlichen oder staudenförmigen) Coaks mit metallisch glänzenden Blättchen von Graphit bedeckt gefunden haben. Je glänzender diese Oberfläche des Fossils ist, desto vollkommener ist die Operation der Röstung geglückt, desto freier und reiner hat sich der Kohlenstoff zusammengezogen. Der Versuch der Herren Laghi und Aldini bezieht sich also wieder auf Enthüllung des Carbons! Ich selbst habe aber auch Steinkohlen gefunden, welche, so wie sie aus ihrer natürlichen Lagerstätte kommen, des freien Kohlenstoffs genug enthalten, um wirksame Zwischenglieder der Galvanischen Kette zu seyn. Dahin gehören nicht die flachmuschlige Kennelkohle, nicht Pech- Glanz- und Moorkohle, wohl aber manche Abänderungen deutscher Schiefer-Blätter- und Grobkohlen. Besonders geschickt sind dazu die obern Lagen gewisser Steinkohlenflöze, welche dicht unter dem Dache (sey es Brandschiefer, oder Schieferthon) prismatische Stücke wahrer, oft abfärbender fasriger Holzkohle, nach Art des Trümmerporphyrs, eingewachsen enthalten. *) Diese Steinkohlen erwecken, als Nerven- und Muskelleiter, also mit homogener Armatur, oft lebhaftere Contractionen, als alle Pflanzenkohlen.

*) Diese sonderbare, wie es scheint bisher übersehene Formation wird in meiner geognostischen Schrift über Construction des Erdkörpers im mittleren Europa (an deren Vollendung ich diesen Herbst zu arbeiten gedenke) weitläuftiger beschrieben werden.

Die Braunkohle naht sich dem, durch Zersetzung der Schwefelsäure schwach verkohlten Hölze, und schien mir, wie dieses, unwirksam. Dagegen waren gewisse Abänderungen der Kohlenblende, welche ich bei Servoz in Savoyen sammelte, der Holzkohle an Excitationskraft gleich. Dieses in Frankreich schon seit zwanzig Jahren bekannte, von einigen deutschen Oryktognosten aber jetzt als neu angegebene Fossil, ist als eine gekohlte Kieselerde *) zu betrachten, und da ich gefunden, dass selbst vieler, wo nicht aller Thonschiefer **) mit Kohlenstoff gefärbt ist, so muss man über das Vorkommen der Kohlenblende auf Gängen und als Lagen in uranfänglichen Gebirgen weniger erstaunen. Dagegen ist es auffallend, wenn man die excitirende Kohlenblende mit der unwirksamen Kennelkohle vergleicht, wie jener die Beimischung der (sogenannten idioelektrischen, verglasenden) Kieselerde ***) die Excitationskraft weniger raubt, als

*) Wiegleb in Crells Annalen 1790. B. 2. S. 29. Roz. *Journ. de Physique T.* 36. *p.* 55. Die Beimischung von Thon- und Kalkerde ist sehr geringe, beide betragen zusammen 0,02 gegen 0,13 Kieselerde.

**) Crells Annalen 1795. S. 118.

***) Herr Birnbaum, königl. preuss. Hüttenschreiber zu Tarnowitz, ein Mann, dessen langjährigem freundschaftlichen Briefwechsel ich so manche chemische Kenntniss verdanke, und den seine praktischen metallurgischen Arbeiten hindern, sich als einen trefflichen chemischen Analytiker öffentlich zu zeigen, entdeckte in Oberschlesien eine Thonlage, in der sich Kiesel- und Thonerde ebenfalls in gekohltem Zustande befand. Der Formation nach ist sie als zerreibliche Erde, was die Kohlenblende

dieser die Umhüllung des Kohlenstoffs mit Hydrogen. Die Abwesenheit des Hydrogens aber in den Kohlenblenden schliesse ich daraus, dass dieselben in der trocknen Destillation, keine Spur von Oel, oder Gas hydrogène pesant geben, eine Luftart, welche sich aus allen wasser- und kohlenstoffhaltigen vegetabilischen Substanzen entwickelt, und welche den ältesten Scheidekünstlern, einem van Helmont und Hales, schon bekannt war.

Ueber die Wirksamkeit des Graphits beim Galvanisiren haben die Herren Blumenbach und Delametherie *) die ersten interessanten Versuche geliefert. Ich vermuthe, dass die wesentliche chemische Beimischung (nicht Beimengung) des Eisens zum Kohlenstoff des Graphits, demselben die ausgezeichnete Wirksamkeit in Erregung von Muskelbewegungen ertheilt, ja dass sie den Nachtheil gleichsam aufhebt, welchen das ebenfalls in ihm gebundene Hydrogen hervorbringt. Denn wenn auch das brennbare Gas, welches Scheele erhielt, von dem im Alkali enthaltenen zersetzten Wasser herrührt, **) so beweisen doch van der Monde's, Mongé's und Berthollet's Versuche ***) unter Glocken mit Le-

als Stein ist, und ich vermuthe, dass sie ebenfalls Wirkung auf die Muskelbewegung äussert.

*) Pfaff a. a. O. S. 49. Roz. Journ. 1793. p. 293.

**) Wie Herr Gren glaubt in seinem Handbuche der Chemie 1795. T. 3. S. 40.

***) Crells Annalen 1794. S. 525. Versuche mit Schwefelsäure lehren, dass das Reissblei aus Kohlenstoff, Eisen, Wasserstoff, Thon und Kalkerde besteht. Zur Erklärung vieler geognostischen Phänomene wäre es wichtig, wenn

bensluft im Brennpuncte des Tschirnhausischen Brennspiegels, die Existenz des Hydrogens im Graphit. Die excitirende Kraft dieser Substanz ist so grofs, dafs sie in den kleinsten Quantitäten den mächtigsten Stimulus angiebt. Ich hatte beim Galvanisiren einer kleinen Hausmaus Brocken eines Graphits vor mir, welche Herr Freiesleben in unserm Gebirge zwischen Berneck und Geffenreuth als Lager im Glimmerschiefer (also analog der Formation, welche wir am Montblanc im Chamounythale bemerkten) neuerlich entdeckt hat. Ich bestrich ein Plättchen Elfenbein mit diesem Fossile, und sahe deutliche Contractionen, wenn der Nervus popliteus des Thierchens auf dem gefärbten Striche lag, und der silberne Muskelleiter eben diesen Strich berührte. Ich stellte folgenden Versuch an, um die Erscheinung in noch gröfserer Feinheit darzustellen: Auf dem Elfenbeine waren (Fig. 49.) zwei Streifen *a* und *b* mit Graphit gefärbt. Auf *a* lag der Nerv, auf *b* war der Muskelleiter aufgesetzt. Der Fufs blieb unbewegt, weil die Zuleitung von *a* nach *b* fehlte. Ich zog nur einen Verbindungsstrich *ab*, trug das Reifsblei etwas dick auf, und nun traten die Contractionen ein. Auch war das Galvanisiren wirksam, als ich das Fossil pulverte, den Nerv darin umrührte, und nun mittels einer wohlausgebrannten Kohle den glänzend gewordenen Nerven mit dem musculus gastro-cnaemius verband.

es in der Folge glücken sollte, Hydrogen in Gebirgsarten, das heifst mit metall- und kohlenstoffleeren Erden gebunden zu entdecken.

Lydischer Stein. — Selten hat mich irgend eine physikalische Erscheinung so überrascht, als die Wirksamkeit dieses Fossils, welche ich im Frühlinge 1795 zufällig entdeckte, und welche die feine Erregbarkeit thierischer Organe für die kleinsten Stimuli in ihrer ganzen wundersamen Klarheit zeigt. Ich habe dieser Erscheinung schon an andern Orten vorläufig gedacht, *) hier aber ist der schicklichste Ort sie umständlich zu beschreiben. Fowler's Versuche mit Erzen hatten mich veranlasst, meinen ganzen Vorrath von Fossilen zur Erregung von Muskelbewegungen zu prüfen. Ich traf auf eine Abänderung des Lydischen Steins, welcher unfern meines ehemaligen Wohnortes Steben am Thüringer Waldgebirge, theils auf dem mächtigen Mordlauer Zuge als Gangart, **) theils bei Schwarzenbach an der Saale auf Lagern im uranfänglichen Thonschiefer bricht. Das Stück, welches ich anwandte, war von der gewöhnlichen graulichschwarzen Farbe, von ebenem, dem flachmuschlichen sich nähernden Bruche, und mit kleinen Quarzgängen durchtrümmert. Als

*) In meinen physiologischen Briefen an Herrn Blumenbach in Gren's neuem Journ. der Phys. 1795. B. 2. S. 121, in meiner Abhandlung über die Natur der Grubenwetter und die unterirdische Meteorologie in Crell's Annalen 1795. S. 114.

**) Das Vorkommen des Lydischen Steins auf Gängen ist in der Natur vielleicht nicht so selten, als es unbeobachtet ist. Ich habe die erste Anzeige davon im Jahre 1792. im Bergmannischen Journ. St. 7. 8. 74. gemacht. Damals behauptete Herr Fichtel gar noch, diess Fossil existire nur als Geschiebe. — Vergl. über diese Abänderung auch Herrn Martius lehrreiche Wanderungen durch Franken 1795. S, 256.

Nervenarmatur eines Froschschenkels war es in Verbindung mit Silber, ja selbst mit Blei, von grosser Wirksamkeit. Ich glaubte anfangs, dass etwas Metallisches oder Steinkohlenstaub sich zufällig an das Fossil gehängt habe. Es wurde rein abgewaschen, aber die Muskelbewegung blieb dieselbe. Ich bemerkte nur, dass die weissen Quarztrümmer isolirten, und dass bloss der Lydische Stein als Stimulus wirke. Nach dem Grundsatze, dem ich anhänge, dass man neue räthselhafte Erscheinungen erst an ältere anzuschliessen versuchen muss, bevor man neue Ursachen derselben annimmt, entschloss ich mich sogleich zur chemischen Analyse, in der Hoffnung, einen schon bekannten excitirenden Stoff in dem Lydischen Steine zu finden. Herrn Volta's Entdeckungen über die Kohle veranlassten mich, das Fossil gerade auf diese zu prüfen. Auch hatte ich ausserdem einen zwiefachen Grund auf das Daseyn dieser Substanz, welche man, den Brandschiefer abgerechnet, sonst den Steinarten eben nicht zuschreibt, zu schliessen. Denn einmal hatte ich, wie schon oben bemerkt, den Kohlenstoff als färbende Beimischung des uranfänglichen Thonschiefers bereits entdeckt, und zweitens besann ich mich, zwei Jahre früher, als ich in meinem einsamen Gebirgsaufenthalte einmal angefeuchteten gepulverten Lydischen Stein in Verbindung mit dem pnevmatischen Apparate erglühte, ein Gemenge von kohlensaurem und entzündbarem Gas erhalten zu haben. Sollte, schloss ich jetzt, bei dieser Operation nicht das Wasser zersetzt, und der Sauerstoff an den Kohlenstoff des Fossils getreten seyn?

Der weitere Erfolg bestätigte diese Vermuthung. Ich sah meinen ganzen Vorrath von der Mordlauer Abänderung des Lydischen Steins nach, und fand Stücke darunter, welche vom dunkelschwarzen ins bräunlichschwarze übergingen, und besonders auf den Ablösungsklüften mit einem zerreiblichen Pulver bedeckt waren. Diess Pulver ist stark abfärbend und giebt unsern Nailaer Bergleuten, wenn sie früh aus der Grube kommen, bisweilen das Ansehen von Steinkohlen-Bergleuten. Ich fand die abfärbenden Theile des Fossils im Ganzen am wirksamsten für den Galvanismus, doch waren auch bisweilen die graulichschwarzen, nicht abfärbenden eben so mächtige Stimuli für den Muskel. Ja! es fanden sich Stücke, in denen die nicht abfärbenden die färbenden in der Wirkung übertrafen, Fälle, in denen diese sich als isolirende Substanzen zeigten. Alles schien, wie bei der Pflanzenkohle, auf feinen Umhüllungen zu beruhen!

Ich glühte gleiche Theile gepülverten Lydischen Stein mit ätzendem Pflanzenlaugensalze in offenen Scherben. Das letztere wurde kohlensauer, milde und brauste heftig mit Schwefelsäure auf. Ich mengte fünf Theile des gepülverten Fossils mit einem Theile gereinigten Salpeter. Das Gemenge verpuffte und der Salpeter wurde theilweise zerlegt. Es blieb kohlengesäuertes Pflanzenalkali zurück. Mit schwefelgesäuertem Mineralalkali, in wohlverdecktem Tiegel geschmolzen, gab der Lydische Stein einen förmlichen Schwefellebergeruch. Ich stellte 240 Gran des gepulverten Fossils wohlgetrocknet unter eine kleine

Glocke voll reiner, wohlgewaschener Lebensluft, welche mit Queckſilber geſperrt war. (Herrn Senebier's Verſuche, über die Luſtverderbung durch Kohlenmagazine, leiteten mich auf dieſe Vorrichtung). Nach fünf Tagen unterſuchte ich das Gas in der Glocke, und fand es mit Kohlenſäure anſehnlich gemengt. In meinen calibrirten Cylindern verſchluckte das Kalkwaſſer faſt 0, 24 des ganzen Luſtgemenges. *) Ich ſammelte nun ſorgfältig das gepulverte Foſſil, und fand es nur etwas über 237 Gran an Gewicht. So reinlich ich mich auch zu arbeiten bemühte, ſo bin ich doch ungewiſs, ob dieſer ganze Verluſt dem entwichenen Carbon zuzuſchreiben iſt. Bei Wiederholung dieſer Verſuche fand ich, daſs die Zerſetzung der Lebensluft ſchneller **)

*) Auf ganz ähnliche Art als hier unter der Glocke mit Lebensluft erregt der Lydiſche Stein böſe Wetter in der Grube. Crell a. a. O. S. 117.

**) Bei der mündlichen Erzählung dieſer Verſuche haben berühmte Chemiſten mir den Zweifel geäuſsert, ob überhaupt vollkommen reine trockne Kohle das Sauerſtoffgas zerſetzt, welches ſie berührt, oder ob nicht vielmehr die kohlenſaure Luft aus einer Waſſerzerſetzung in der feuchten Kohle bei niedriger Temperatur herrühre. Aus mehrjährigen Verſuchen glaube ich ſchlieſsen zu dürfen, 1) daſs der Carbon den Sauerſtoff aus dem Waſſer allerdings leichter, als aus der Luft anzieht, entweder weil derſelbe in jenem durch weniger Wärmeſtoff, als in dieſer expandirt iſt, oder weil das Hydrogen in jenem durch eine Wahlverwandtſchaft die Zerlegung befördert. Die Entzündlichkeit der Oele und des Holzes, gegen die des Demants und der Kohlenblende gehalten, ſcheinen dieſe Eigenſchaft des Hydrogens zu beſtätigen. 2) Daſs ganz trockne in verſchloſſenen Scherben geglühte Kohle die atmoſphäriſche Luft ſelbſt bei einer bis zu 5 ° Reaum.

vor sich geht, wenn das Fossil ein wenig angefeuchtet ist. Vergleicht man diese meine Arbeiten über den Lydischen Stein mit denen, welche über das Reissblei und die Kohlenblende unternommen wurden, so wird die Uebereinstimmung aller drei Substanzen und das Daseyn des Kohlenstoffs in dem erstern sehr einleuchtend.

sinkenden Temperatur zersetzt. Luft und Kohle sind freilich hygroskopische Substanzen. Wollte man aber annehmen, in dem Sauerstoffgas, unter der Glocke sey Wasser gebunden enthalten, welches die Kohle oder der gepulverte Lydische Stein anziehe und zersetze, und das nach Tagen zurückbleibende kohlensaure Gas entstehe aus diesem Wasser, so müsste das Quecksilber, womit die Glocke gesperrt ist, wegen Vermehrung der Luftmenge sinken und sich entzündliches Gas bilden. Beide Erscheinungen aber habe ich nie beobachtet, und die Menge der gebildeten Kohlensäure scheint in gar keinem Verhältnisse gegen die geringe Quantität Wasser zu stehen, welche das Sauerstoffgas aufgelöst enthalten kann. Ich glaube vielmehr mit dem scharfsinnigen Herrn Gren, dass Kohle, wie jede andere Base acidifiable sich in einem schwach-oxydirten Zustande befinden könne, ohne darum Kohlensäure zu seyn. In diesem Zustande nun wird (wie andere analoge Erscheinungen lehren) das oxide des Carbon sich leichter mit Sauerstoff sättigen, als wenn man die einfache Kohle in Berührung damit bringt. Sollte also angefeuchtete Kohle nicht bloss darum sich schneller zersetzen, weil eine schwache Wasserzersetzung vorangeht, den Kohlenstoff leise oxydirt, und so zur Zerlegung der Lebensluft vorbereitet? Ich stelle mir selbst vor, dass auch bei meiner ausgeglühten Kohle, welche ich trocken unter die Glocke brachte, etwas ähnliches vorgeht, nemlich dass dieselbe zuerst Wasser aus der Luft wieder anzieht und sich vorläufig oxydirt. Diese Vorstellungsart scheint sehr natürlich und unsern jetzigen Erfahrungen angemessen.

So haben wir demnach ein Fossil aus dem Kieselgeschlechte, welches die auffallendsten Galvanischen Erscheinungen giebt. Wasserfrösche, welche mit Zink und Silber nur schwache Contractionen erlitten, zuckten heftig, als sie mit dem Lydischen Steine und Silber, oder Eisen, oder Bleistift (geschwefeltes Reissblei) berührt wurden. Dieses letztere Gemenge in Verbindung mit Gold war bei denselben Individuen völlig unwirksam. Hier haben wir abermals ein merkwürdiges Beispiel von der specifiken Wirksamkeit einzelner Stoffe. Denn geschwefelter Graphit und der lydische Stein von der Mordlau sind in ihren Bestandtheilen gewiss homogener, als der Graphit und Silber!

Alaun- und Vitriolschiefer. — Beide Substanzen, besonders aus einem hierländischen Lager im uranfänglichen Mandelsteine zwischen Bernek und der Goldmühle, kommen in ihren Galvanischen Wirkungen dem oben beschriebenen Fossile sehr nahe. Auch gaben sie einerlei chemische Resultate. Wirklichen uranfänglichen Thonschiefer, der reich genug an Kohlenstoff ist, um als Nervenarmatur zu dienen, habe ich noch nicht gefunden. Sein häufiger Uebergang in Alaunschiefer, von dem ihn nur der Mangel an geschwefeltem Eisen unterscheidet, läst mich aber an seinem Daseyn nicht zweifeln.

Ich habe absichtlich diese Excitationskraft des Kohlenstoffs weitläuftiger entwickelt, und alle Nebenumstände dabei, wie ich hoffe, gründlich erwogen, weil mir dieselbe von grosser Wichtigkeit für die Betrachtung der belebten Natur zu seyn

ſcheint. *) Es war nicht genug, zu zeigen, daſs Holzkohle und Graphit einen Muskel reizen; es kam darauf an, dieſs Phänomen in ſeiner ganzen Feinheit, in ſeinem ganzen Umfange darzuſtellen. Je weiter wir den Kohlenſtoff durch die belebte Pflanzenwelt verbreitet, je tiefer wir die älteſten Schichten des Erdkörpers ſelbſt da, wo ſich keine Grabſtätten der Vegetabilien finden, mit dieſem Kohlenſtoffe durchdrungen ſehen, deſto intereſſanter muſs uns das Verkehr ſeyn, in welchem wir ihn auch in der kleinſten Menge, wo er ſich enthüllt darſtellt, mit den thieriſchen Kräften erblicken!

Waſſer **) und andere tropfbare Flüſſigkeiten, auſser Oel, ſind vollkommen leitende, ja unter gewiſſen Umſtänden, (wie in dem, im vierten Abſchnitte beſchriebenen Hauchverſuche) nothwendige Zwiſchenglieder Galvaniſcher Ketten. Das Waſſer wirkt theils für ſich allein, theils als Ueberzug von iſolirenden, nicht leitenden Subſtanzen. Naſſes Siegellack, naſſen Bernſtein habe ich in der Zuleitung des Galvaniſchen Fluidums eben ſo wirkſam, als Metalle oder Muskelfleiſch gefunden. Auffallend ſcheint mir dabei der Zuſtand der Flüſſigkeit, in dem ſich das Waſſer befindet. Bei den Metallen iſt es gleichgültig, ob ſie feſt, oder durch Wärmeſtoff tropfbar flüſſig expandirt ſind. Sie leiten immer gleich ſtark, wie ich mit flieſsendem Bleie und Zinne verſucht habe. Ganz anders verhält ſich das

*) Und doch konnte Fowler die reizende, oder leitende Eigenſchaft der Kohle ganz läugnen.

**) Pfaff a. a. O. S. 206 und 229.

Waſſer. Als *Eis* iſt es völlig iſolirend, wie Siegellack und Oel. Man zerſchlage bei trockner Winterluft Eisſtücke in dünne Scheiben; auch die dünneſten derſelben unterbrechen die Wirkung der Excitatoren auf die Organe. Kaum iſt das Eis zu Waſſer geſchmolzen, ſo iſt ſeine iſolirende Eigenſchaft verlohren. Sie tritt wieder ein, wenn das Waſſer mit noch mehr Wärmeſtoff gebunden in ſeine gasförmigen Beſtandtheile zerſetzt iſt. Selbſt unzerſetzter, nur elaſtiſch expandirter Waſſerdampf ſcheint ſchon ohne Leitungskraft zu ſeyn. Vielleicht liegt der Grund davon in der Luft, welche auch in den verdickteſten Dampf eindringt und die Theile deſſelben von einander trennt. Ich füllte eine kleine Kugel mit erhitzten Waſſerdämpfen und öffnete ſie dergeſtalt, daſs der Dampfſtrom, indem er hinausfuhr, zwei Metalle, welche mit der Nerven- und Muskelarmatur in Verbindung ſtanden, mehrere Secunden lang verband. Ich wiederholte den Verſuch zweimal, ſah aber *nie* Zuckungen entſtehen.

Auſser dem Waſſer fand ich auch alle, in Waſſer aufgelöſte Mittelſalze und Waſſerfreie Schwefel- Salpeter- und Kochſalzſäure, das *Oleum tartari per deliquium*, den Alkohol und alle Naphten gleich wirkſam. Ich ſtellte die Verſuche darüber entweder ſo an, daſs ich Papier mit der zu prüfenden Flüſſigkeit tränkte und daſſelbe zwiſchen zwei zuleitende Metalle legte, oder ſo, daſs ich gekrümmte Glasröhren, wie (Fig. 50.) *F*, in welche zu beiden Seiten die, mit den belebten Organen communicirenden Metalldräthe eingeſenkt ſind, mit dem Alkohol oder

der Säure füllte. Den letzten Apparat kann ich als besonders vortheilhaft empfehlen. Reines Oel, z. B. Olivenöl unterbricht, auch in der kleinsten Menge, den Durchgang des Galvanischen Fluidums. Herr Voigt zu Jena hat hierüber eine Reihe sinnreicher Beobachtungen angestellt. Ich goss Olivenöl auf eine Glasplatte und legte den Nerv eines Thieres und eine Zinkplatte dergestalt in diess Oel, dass das Ende des Nerven um 6 Linien weit vom Metalle entfernt blieb. Der Nerv war isolirt und keine Verbindung des Muskels mit dem Zinke, durch einen Muskelleiter, konnte Bewegungen hervorlocken. Ich tröpfelte aufgelöstes Pflanzenalkali zwischen den Nerv und den Zink ins Oel; es entstand eine flüssige Seife, und nun — nun war durch diese die Zuleitung zu den thierischen Theilen so vollkommen hergestellt, dass (Fig. 51.) die Pincette *p* oft nur das Metall *m*, und die sich bildende Seife *s* zu berühren brauchte, um den Schenkel wirksam zu galvanisiren. Diese Erfahrung, welche ich oft angestellt, ist sehr überraschend, und einige Physiker von Ansehen, welche meine spätern Versuche über die ungeheure Wirkung der Alkalien auf die Reizempfänglichkeit kennen, haben auch hier eine ausgezeichnete Eigenschaft des Oleum tartari bemerken wollen. Ich glaube aber, dass das auffallende Phänomen sich grösstentheils auf das des feuchten Siegellacks reduciren läfst. Jede isolirende Substanz wird durch Beimischung von Wasser selbst leitend. Sollte daher das Oleum tartari nicht bloss dadurch wirken, dass sein Pflanzenlaugensalz das Wasser, in wel-

chem es aufgelöst ist, mit dem Oele verbindet? Indeſs fand ich die flüſſige Seife, welche ich aus Olivenöl und trockner ätzender Potaſche bereitete, auch leitend; aber wo ist trockne Potaſche, welche nicht etwas atmoſphäriſche Feuchtigkeit an ſich gezogen hätte? Ich geſtehe, daſs mich das letztere Factum ſehr bedenklich macht, da in einer ſo feinen Materie es ſchwer iſt, zu entſcheiden, wie viel Waſſer dazu gehöre, um als Stimulus für die Organe, oder wenigſtens als Leiter des ſtimulirenden Fluidums zu wirken.

Trockne Seife iſolirt, wenn ſie auch in die dünneſten Scheiben geſchnitten iſt. Legt man dieſelben auf den belebten Muskel ſelbſt, ſo wird man ſie in einigen Minuten leitend finden. Dies iſt bloſs Folge der durchdringenden Lymphe, und muſs nicht irre machen. Auch Seifenſchaum, wenn er bereits 2 Stunden getrocknet, leitet meiſt noch. Ich bin überzeugt, daſs ein ſehr weſentlicher Unterſchied zwiſchen der Leitungskraft verſchiedener Flüſſigkeiten, als der Säuren, Naphten und alkaliſchen Auflöſungen iſt. Die Veränderungen aber, welche uns zum Maaſsſtabe dienen muſsten, die Lebhaftigkeit der Muskelcontractionen ſind im Grade der Stärke ſo fein nüancirt, von ſo vielerlei Umſtänden abhängig, daſs es mir bei meinen bisherigen Bemühungen unmöglich ſchien, auf reine Reſultate zu kommen. Daſs flüſſige Seife, aus fetten Oelen und ätzendem Alkali friſch bereitet, ſtärker leitet, als reines Waſſer, habe ich deutlich geprüft. Den Fall Fig. 51. habe ich, wenn Waſſer

zwi-

zwischen dem Nerv und Zink stand, noch nie positiv gefunden, häufig aber, wenn die Zuleitung durch Seife geschah. Auch das Hindernifs, welches kohlensaures Wasser dem Galvanischen Fluidum entgegenstellt, ist dem des destillirten gewifs nicht gleich. Durch welche Mittel aber ist eine solche Aufgabe zu lösen? Wissen wir doch nicht einmal, wie sich die Metalle in Rücksicht auf ihre Leitungskraft für die Elektricität verhalten, ob der elektrische Stoff freier durch Salpetersäure, oder durch Salzsäure (in der man weiland eine metallische Basis ahndete) durchströmt! Es ist hier genug, auf solche Puncte aufmerksam zu machen.

Wenn wir die specifike Natur der leitenden und isolirenden Galvanischen Zwischenglieder betrachten, so finden wir uns, (wie in dem Streit über die Ursachen der Capacitäten und elektrischen Leitungskräfte) in einem dädalischen Labyrinthe, aus dem eine folgende Generation erst den Ausweg entdecken wird. Ich glaube erwiesen zu haben, dafs die Capacität eines Körpers für den Wärmestoff sich in Verhältnifs seiner Oxydation vermehre. Aber wie unbefriedigt läfst uns dieses eine Gesetz für so viele gar nicht gesäuerte, oder säurungsfähige Stoffe! Man weifs, dafs von zwei geriebenen Körpern der glatteste $+ E$, der rauhere $- E$ empfängt. Wie wenig lassen sich aber Symmer's, Adam's und Cigna's auffallende Versuche mit seidenen Bändern, Strümpfen, Federkielen und Siegellack auf diesen Satz reduciren! Wo es an Einheit in dem ganzen Vorrathe von Erfahrungen fehlt, ist es immer schon interessant,

die Materialien so zu ordnen, daſs diese Einheit wenigstens in einzelnen Theilen einigermaaſsen hervorleuchtet.

Aus den oben entwickelten Beobachtungen über Metalle und kohlenstoffhaltige Substanzen folgt das Gesetz, daſs beide einzeln sowohl, als in ihrer wirksamen Verbindung ihre Galvanische Leitungskraft einbüſsen, wenn sie von Oxygen, oder Hydrogen umhüllt sind. Diese Unwirksamkeit beruht aber auf der Natur des neuen Gemisches, welches der Sauer- und Wasserstoff mit dem Metallerze und dem Carbone hervorbringen, nicht auf der Eigenthümlichkeit des Sauer- und Wasserstoffs selbst. Denn sonst müſste es doppelt auffallend seyn, daſs diese beiden Elemente mit Wärmestoff zu einer tropfbaren Flüſsigkeit, Wasser, verbunden, einen vollkommenen Leiter des Galvanischen Fluidums geben, und daſs isolirender Schwefel und Phosphor mit Oxygen gesättigt, in der concentrirten Schwefel- und Phosphorsäure, wie Wasser wirken. Es kommt bei diesem Phänomene der Leitungskraft ganz auf die individuelle Beschaffenheit der leitenden Stoffe, als Aggregat von Elementen betrachtet, nicht auf die einzelnen Elemente selbst an. Bei einigen Conductoren, wie bei den Metallen, entscheidet der Zustand der Flüſsigkeit, oder die Masse des gebundenen Wärmestoffs gar nicht; bei andern, wie in Wasser und Eis, ist tropfbare Flüſsigkeit ein nothwendiges Bedingniſs der Leitungskraft. Die Expansion jedes Stoffes in einen elastisch-flüſsigen, oder gasartigen Zustand macht denselben isolirend. Erwärmung

einer excitirenden Subſtanz bis zur Glühhitze, benimmt derſelben, wie ich unten zeigen werde, ihre Wirkſamkeit nicht, ſie bringt aber auch keine Veränderung in den iſolirenden Stoffen hervor. Ich lieſs die dünnſten Glasſcheiben glühen, und zwiſchen den Nerv und die Nervenarmatur legen ſie hinderten aber gleich ſtark, warm und kalt, die Erregung der Muskelbewegungen. Eben ſo fand ich flieſsendheiſses Siegellack und ſchmelzenden Schwefel iſolirend.

Kohlenſtoff mit dem vierten Theile Hydrogen zu einer tropfbaren Maſſe verbunden, hemmt jeden Umlauf des Galvaniſchen Fluidums. Zwar iſt in jedem fetten Oele auch noch (wie Herr Gren ſehr richtig gegen Lavoiſier behauptet) *) etwas Sauerſtoff enthalten, die Menge deſſelben muſs aber bis zum Zuſtand des ranzigen Oels oder gar bis zur Umwandlung in eine vollkommene Pflanzenſäure vermehrt **) werden, um dem Oele eine leitende Eigenſchaft mitzutheilen. Eben dieſe Eigenſchaft ſcheint mir der concentrirte Weingeiſt dem Oxygen zu verdanken. So gefährlich derſelbe der Reizempfänglichkeit des Nerven iſt, ſo wirkſam habe ich ihn im Verſuche Fig. 51. gefunden. Der Alkohol enthält aber, wenn er auch noch ſo concentrirt iſt, weſentliches Waſſer, nemlich nach Herrn Meunier's

*) Denn fette Oele geben mit Ausſchluſs der oxygenirten Luft deſtillirt, doch Kohlenſäure. Gren's Handbuch der Chemie, 2te Auflage, B. 2. S. 180.

**) Obſerv. ſur les huiles et l'air pur par Senebier in *Annales de Chymie T. II. S.* 89.

und Lavoisier's *) vortrefflicher Analyse, 28,530 Kohlenstoff, 7,873 Wasserstoff und 63,597 Wasser.

Wie das Oel verhalten sich auch, sie mögen fest, oder fliesend seyn, alle Harze, gummöse Stoffe, und thierische Fette, als Federharz, von dem ich das künstliche aus Caoutchoua elastica bereitete sowohl, als das fossile aus Derbyshire untersucht, Mastix, Sandarak, Wachs, Talg, Bernstein, Gummigut, u. s. f.

Obgleich das Queckfilber in der Mercurialsalbe blos mechanisch vertheilt, mit Oel zusammen gerieben ist, so fand ich es doch isolirend. Eben so die brennzligen Oele, die ich wegen der freien Kohle, die sie enthalten, für leitend hielt. Vielleicht haben Queckfilber und Kohle in beiden nichts von ihrer Leitungskraft eingebüst, und vielleicht hindern nur die dazwischen liegenden Oeltheilchen die Fortleitung des Galvanischen Fluidums. Die Bemerkung eines schätzbaren und überaus arbeitsamen Chemisten, des Herrn Fabbroni in Florenz, **) nach welcher gewisse Abänderungen vom Kalksteine nicht kohlensaure, sondern wahre gekohlte Kalk-

*) *Mem. de l'Acad. Roy.* 1784. *p.* 593. Es ist gar nicht widersprechend, dass in einem Stoffe ein Theil Hydrogen mit der Kohle, ein anderer mit dem Oxygen verbunden sey. Ich erinnere an die obige Note von Umhüllung der Elemente.

**) Crell's Annalen 1795. St. 12. S. 503. Auch Herr Kirwan vermuthet Kohlenstoff im Kalkstein. S. die zweite Ausgabe seiner Mineralogie S. 161., welche hoffentlich in Deutschland weniger muthwillig gemisshandelt werden wird, als die erste.

erde *) feyn follen, veranlafsten mich einen grofsen Vorrath diefes Foffils, den ich aus vielen Gegenden befitze, zu prüfen. Ich glaubte wie beim Lydifchen Steine, durch ein fo feines Reagens, als die belebte Nervenfafer ift, jene Beobachtung leicht zu beftätigen. Bisher aber bin ich in meinen Beobachtungen getäufcht worden.

Ueber die relative Wirkfamkeit thierifcher und vegetabilifcher Theile, als Zwifchenglieder Galvanifcher Ketten, find bisher noch fehr unbeftimmte Beobachtungen bekannt gemacht worden. Ich glaube folgende reine Refultate liefern zu können. Ich rede von Pflanzen, wie fie fich bei trockner Frühlingsluft im natürlichen Zuftande des Wachsthums befinden, nicht von folchen, die bei naffer Witterung abgefchnitten find. Alle Stengel- Kelch- und Blüthen - Blätter (folia, foliola calycis und petala) Staubfäden und Piftille, Nectarien, Früchte mit ihrer Haut bedeckt, felbft die faftigen Stengel der Hyacinthen und Maiblumen, wo fie von der Cuticula nicht entblöfst find, alle Moofe und Flechtenarten ifoliren. Man lege die jungen Blätter der Refeda odorata, eine Jungermannia complanata, petala von der Viola canina, oder einem Lichen prunaftri zwifchen den Schenkel einer Pincette und den zu ftimulirenden Muskel, fo

*) Alfo Verbindungen von Kalkerde und Kohlenftoff, wie in den thierifchen Knochen und im kaltbrüchigen Eifen (nicht phosphorfaure fondern) phosphorhaltige Kalkerde und Eifen enthalten find. Vergl. meine Flora Friberg. p. 138. und Gren's Handbuch der Chemie 1795. Th. 3. S. 466.

wird jede Contraction verschwinden. Zieht man die Cuticula von dem darunter liegenden Zellgewebe ab, schneidet man ein Stück aus der Mitte des fetten Blattes von Mesembryanthemum deltoideum aus, so leiten die entblöfsten Theile. Doch ist diese Eigenschaft meist nach einer Viertelstunde verschwunden. Die Stengel der Convallaria majalis, des Lamium purpureum isoliren, wenn man sie mit dem kurzen Durchmesser Fig. 52., nicht wenn man sie mit dem langen Fig. 53., zwischen die leitenden Metalle legt. Im letztern Falle bieten sie nemlich die entblöfste Fläche der Gefäfse dar. Ganz anders, nemlich unendlich wirksamer, verhalten sich thierische Stoffe, als Nerven, Muskelfleisch, Membranen und Blut. Ich bin durch vielfältige Versuche überzeugt worden, dafs dieser Unterschied der Wirksamkeit von der eigenthümlichen Natur der vegetabilischen und thierischen Materie abhängt, und dafs diese Natur, wie Herr Reil neuerlichst so treffend entwickelt, das gemeinsame Resultat der Form und Mischung ihrer Bestandtheile ist. Man glaube nicht, dafs das Blatt des Mesembryanthemum deltoideum darum nur kürzere Zeit und unvollkommener leite, als ein Stück thierisches Muskelfleisch, weil dieses mehr tropfbar flüssige Feuchtigkeit, als jenes enthalte, weil diese später austrockne, als jenes. Nein, auch die frisch ausgeprefsten Säfte der Pflanzen stehen den thierischen weit nach. Ich drückte die Milch aus den Stengeln der Euphorbia Esula und der Asclepias syriaca, den gelben Saft des Cheli-

doneum majus behutsam aus, um die Röhre *F* (Fig. 50.) damit zu füllen. Bei matten Thieren war diese Verbindung von *a b* und *c d* zu unvollkommen, um Contractionen zu erregen. Frisches Blut hingegen an der Stelle der Pflanzensäfte, zeigte sich sogleich wirksam. Wenn man den Vorzug bedenkt, den das Blut in dieser Hinsicht auch vor dem Speichel, Urine, Schleime und andern ausgeschiedenen Säften behauptet, so scheint es wahrscheinlich, dass eine vegetabilische, oder thierische Flüssigkeit, als ein desto wirksamerer Leiter des Galvanischen Fluidums erscheint, je mehr sie belebt ist, das heisst, je weniger ihre Elemente nach den, von uns erkannten, Gesetzen der chemischen Affinität gemischt sind. Das Hauptkriterium dieses Grades der Belebtheit ist nun die Schnelligkeit, mit der die Säfte eines organischen Körpers, wenn sie aufhören, Theile des Ganzen auszumachen, ihren Mischungszustand ändern. Diese Aenderung tritt bei den flüssigen Bestandtheilen der Pflanzen sehr spät ein, und ich glaube daher in meinen Aphorismen *) mit Recht behauptet zu haben, dass dieselbe schon dadurch ihre mindere Stuffe der Organisation bezeichnen.

Dass die Natur und das Mischungsverhältniss der thierischen Materie, nicht die Menge von Flüssigkeit, welche sie enthält, ihre Leitungskraft bestimmt, leuchtet auch daraus hervor, dass ich gebratenes, gekochtes und mehrere Tage lang aufbewahrtes

*) S. *Flora Fribergensis cryptogamica* 1792. *p.* 171. §. 10.

Muskelfleisch, selbst rohen, sehr dürren Schinken, überaus wirksam fand. Diese Stoffe waren den feuchtesten Theilen eines Apfels nicht blofs im Effecte gleich, sondern schienen, bei minder lebhaften Thieren, auch diese im Effecte zu übertreffen. Sie hinderten (Fig. 1.) als Glied zwischen der Nerven- und Muskelarmatur, die Reizung nicht, wo jene sich als Isolatoren zeigten.

So wie die Wahl und Folge der Excitatoren bei verschiedener Reizempfänglichkeit des Organs verschieden seyn muss: so sind auch einerlei Stoffe bei den hohen Graden derselben leitend, welche es bei den minderen nicht sind. Der menschliche Körper giebt in seinem natürlichen unverletzten Zustande, mit der Oberhaut bekleidet, ein auffallendes Beispiel davon. Bei matten, unerregbaren Thieren ist derselbe eben so isolirend, als es die mit der Oberhaut *) bedeckten Pflanzentheile, auch bei den lebhaftesten, erregbarsten Thieren, sind. Ich legte den Schenkelnerv eines sehr reizbaren Frosches auf den Daumen, die Zinkplatte 1½ Zoll von ihm entfernt in die innere Fläche meiner linken Hand. So oft ich nun den Schenkel mit dem Zinke durch Silber verband, entstanden schwache Contractionen. Dieselben wurden sichtbar vermehrt, wenn entweder der Nerv mit einer alkalischen Auflösung beträufelt wurde, oder wenn ich die Hand durch Reiben erwärmte. Im ersten Falle war die Incitabilität des

*) Vergl. Pfaff a. a. O. S. 13. Gren's Journal der Physik, B. 8. S. 381. 319. und 205. — Dahin gehören auch meine obigen Versuche Fig. 5. 18. 38. 39.

Organs, im andern die Zuleitung vermehrt. Denn bei der erregten Wärme sondern die ausdünstenden Gefäſse, welche in die Endigungen der Arterien eingemündet ſind, mehr Feuchtigkeit ab, und erhöhen dadurch die Leitungskraft des Oberhäutchens. Bei minder reizbaren Thieren entſteht keine Muskularcontraction, wenn (Fig. 1.) der Finger an der Stelle von *a* liegt, oder wenn man (Fig. 8.) durch die Linke *s* auf *t* drückt, mit der Rechten aber den Schenkel berührt. Das Oberhäutchen hindert den Effect; denn ſobald der Finger bis auf den Mucus über dem Corium, das iſt, bis ins ſogenannte Malpighiſche Netz verwundet iſt, ſo entſteht die Zuckung ſogleich.

Wenn man den Vorzug der Leitungskraft in den thieriſchen Säften, vor den vegetabiliſchen, und in der Cuticula der Thiere vor der der Pflanzen betrachtet; wenn man bedenkt, wie gebratenes und gedörrtes Fleiſch Wochenlang eine Eigenſchaft behält, welche das Parenchyma der ſaftigſten Gewächſe ſchon nach ſo viel Stunden verliert; ſo iſt die Vermuthung ſehr natürlich, daſs dieſs alles in der vollkommenern Organiſation der thieriſchen Materie gegründet ſeyn könnte. Soll der Begriff von dieſer Organiſations-Vollkommenheit *) von den Geſetzen der chemiſchen Verwandtſchaft, nach welchen die

*) Ich beziehe mich hier auf die neue Definition der Lebenskraft und belebter Stoffe, welche ich vor vier Jahren in den Aphorismen vortrug. Am Ende dieſer Schrift werde ich ſie näher und ſicherer zu beſtimmen ſuchen.

Bestandtheile verbunden sind, von der schnellen Umänderung ihres Mischungsverhältnisses (nach der Trennung vom Ganzen) abstrahirt werden: so halte ich jene Vermuthung für sehr wahrscheinlich. Soll der Begriff sich aber (und darauf reducirt sich leider doch alles, was man gemeinhin unter Organisation versteht) auf Form der Materie, auf die mechanische Aneinanderreihung der Bestandtheile zu Fasern, Gefäßsen und Häuten beziehen, so ist der Abstand der Vegetabilien von den Mineralkörpern gewiss eben so unendlich, als der Abstand dieser von den Thieren. Nach dem wenigen, was wir von der Anatomie der Pflanzenkörper wissen, scheint die Anordnung ihrer Elemente im Ganzen zwar einförmiger, als in den thierischen Stoffen — aber nur im Ganzen, nicht in Vergleichung einzelner Theile. Gerade die Cuticula der Vegetabilien, welche sich beim Galvanischen Versuche so isolirend zeigt, ist ein schön organisirtes prachtvolles Netz der mannigfaltigsten Gefäße, während dass die Cuticula der Thiere, die sich als Conductor äussert, unter den stärksten Mikroskopen kaum mehr, als eine faltige Haut zeigt.

Ich fand mehr als eine Veranlassung, mich von der Wahrheit dieser Behauptung zu überzeugen. Die Vasa lymphatica der Pflanzen-Oberhaut und ihre Ausdünstungsgefäße hat Herr Hedwig *)

*) S. Hedwigs Sammlung seiner zerstreuten Abhandlungen und Beobachtungen über botanisch-ökonomische Gegenstände B. 1. S. 116. Tab. 5.

mit der, seinen Zeichnungen eigenthümlichen Wahrheit abgebildet. Bei meiner Arbeit über das Athmen der Vegetabilien habe ich diese Hedwigsche Entdeckung zu verfolgen gesucht, das Oberhäutchen an mehr als zweihundert Pflanzen beobachtet, und mich überall nicht sättigen können an dem wunderbaren Baue dieser Hülle. Nicht bloss die Hoffnung, ähnliche Organe, *) durch welche die gasförmige Exhalation auf der thierischen Cuticula geschieht, sondern auch zugleich der Widerspruch über die sogenannten Gefässe derselben, reizten mich an, die Epidermis am Menschen einer genauern mikroskopischen Untersuchung zu unterwerfen. Leeuwenhoeck glaubte Poren der Oberhaut gesehen zu haben, und bildete sie in seinen arcanis naturae detectis ab. Da der grosse Mann sich bloss einfacher Linsengläser bediente, welche nach Folkes und Bakers Berechnung nur 160mal vergrössern, so glaube ich, dass er solche Oeffnungen, wo Haare die Oberhaut durchbohrten und zufällig ausgerissen waren, für eine wesentliche, organische Porosität gehalten hat. Ich bin zwar aus vielen physiologischen Gründen und Herrn Hasens Einspritzungen überzeugt, dass Mündungen der Gefässe bis in die letzte verhärtete Schicht des Malpighischen Netzes, das ist, bis in die Epidermis gehen. Aber man muss vorsichtig unterscheiden, was durch Gläser gesehen

*) Ich werde unten auf diese, für die allgemeine vergleichende Physiologie der Pflanzen und Thiere wichtige Materie von Einsaugung und Ausdünstung durch die Epidermis, zurückkommen.

wird, und was der Physiologe vermuthen darf. Ich wusch mir die Oberhaut an mehreren Theilen des Körpers rein ab, schnitt mittels eines Rasirmessers dünne durchsichtige Stücke davon aus, und betrachtete sie unter einer 312,400maligen Flächenvergrösserung. Bei der besten Beleuchtung waren keine Poren zu entdecken. Herr Fontana redet in seiner Schrift über das Viperngift *) (ein Werk, das ich nie ohne tiefe Bewunderung für die Grösse seines Genies, seiner Empfindsamkeit und Beharrlichkeit in die Hand nehme) von einem Gewebe geschlängelter Cylinder, oder Gefäse, welche er unter seinem Mikroskope sah. Dagegen behauptet ein eben so berühmter Physiologe ausdrücklich: „*Reticulum Malpighii, aeque ac epidermis, structura* „*simplicissima nervis vasisque* plane *destituta longissime* „*a corii natura differunt.* **)

Allerdings zeigt auch mir, bei einer Vergrösserung von 35,700mal in der Fläche, die menschliche Epidermis jene, von dem Florentiner Entdecker gezeichnete Formen. Die geschlängelten Cylinder bilden theils unregelmäsige Maschen, ***) theils lau-

*) Felice Fontana's Abhandlung über das Viperngift, die amerikanischen Gifte, und das Kirschlorbeergift, 1787. S. 403. Tab. 8. F. 12. Man verwechsele dieses Gewebe ja nicht mit den Elementarfasern, welche Fontana bei blendender Beleuchtung sah, und die Alexander Monro für eine optische Täuschung erklärte.

**) Blumenbach, *de generis humani varietate nativa*, 1795. *p.* 117.

***) Solcher Maschen zählte ich auf meinem Mikrometer in einem Quadratzolle Oberhaut bald 8640, bald 9810, bald

ſen ſie in nicht anaſtomoſirende Zweige aus. Drei Urſachen machen es mir aber gewiſs, daſs ſie Falten, rugae, und nicht wahre organiſche Hautgefäſse ſind. Denn erſtens: ſind ſie ſeltener, und weniger erhaben auf den glattern, bedeckten Theilen des Körpers, als auf den rauhern, der Luft entblöſsten; zweitens: laufen ſie in die Nebenzweige, nicht wie Gefäſse, allmählig verengt aus, ſondern behalten da, wo ſie aufhören, ihren vollen Durchmeſſer, und drittens: ſind ſie von einer Breite, die zu den andern Organen der äuſserſten Bedeckungen in keinem Verhältniſſe ſteht. Nach meinem mikroſkopiſchen Mikrometer beträgt dieſe Breite bei vielen $\frac{1}{60}$, bei einigen aber gar $\frac{1}{32}$ einer pariſer Linie. Wenn man den Focus eines convexen Erleuchtungsglaſes von verſchiedenen Seiten auf dieſe Fontanaſchen Gefäſse fallen läſst, ſo ſieht man noch deutlicher, daſs ſie Falten ſind; denn der Schatten, den ſie werfen, iſt ſehr ungleich, und oft ſcheinen ſie rippenartig, oder ſcharfkantig emporzuſtehen.

Nicht alſo in dem feinern, mannigfaltigern Baue, zu dem die thieriſchen Elemente in der Oberhaut an einander gereiht ſind, ſondern in der ſpecifiken Beſchaffenheit der thieriſchen Materie liegt der Vorzug dieſer, als leitendes Medium, vor der

11520. Wenn demnach, um eine ſpielende Berechnung anzuſtellen, nach Abernetty (ſ. chirurgiſche Verſuche 1795. S. 136.) die Oberfläche eines menſchlichen Körpers 2700 Quadratzolle beträgt, worunter (freilich ſehr unbeſtimmt!) bloſs 174 Quadratzolle Falten und Warzen ſtecken, ſo enthält ein Menſch über 24 Millionen jener Maſchen.

vegetabilischen **Cuticula**. Man lasse 12 bis 14 Menschen sich die Hände reichen, von denen die äussersten mit der Nerven- und Muskelarmatur eines Thieres in Verbindung stehen; sind zwei Personen in der Kette nur dadurch verbunden, dass sie beide den grünen Halm einer Grasart, oder eine nicht benetzte, oder von der Epidermis nicht entblösste Hanfstaude berühren; so wird jegliche Contraction fehlen. Bei lebhaften Thieren tritt dieselbe sogleich ein, als jene Personen sich entweder **unmittelbar** anfassen, oder dem Stengel des Grases die Oberhaut abziehen.

In diesem Versuche der kettenförmigen Verbindung mehrerer Personen zeigt sich bisweilen ein Phänomen, welches mir zu auffallend scheint, um es nicht hier zu erwähnen. Ich sah nemlich, dass unter gewissen Umständen bei 6 oder 8 Menschen, die eine Kette bildeten, die Muskularbewegungen nicht eher erfolgten, als bis eines der Glieder aus der Kette heraustrat. Dieses störende Glied war meist nur dadurch auszufinden, dass eine Person nach der andern die Kette verliess, bis man die **nicht leitende** traf. — Ich beobachtete Fälle, wo es umsonst war, dieser die Hände zu benetzen, um sie leitend zu machen; ein Mittel, welches doch sonst eben so wirksam ist, als wenn man den Fussboden, auf dem Menschen stehen, mit Wasser begiesst. *)

*) Vergl. auch **Volta** in **Gren's neuem Journal der Physik** B. 2. S. 143. — Das Benetzen der Hände bringt bloss eine **Zuleitung** von der Oberhaut in das Corium und von diesem in das innere Muskelfleisch hervor. Denn das Durchströmen geschieht von den feuchten Fingern der Rechten durch beide Arme in die Linke.

Ich fand, dafs eine und dieselbe Person zu gewissen Zeiten leitend, zu andern isolirend war, und es schien sich hier, wenn ich mich eines scherzhaften Ausdrucks bedienen darf, ein neuer Unterschied zwischen Galvanischen und Ungalvanischen Menschen darzustellen. Als ich bei meinem letzten Aufenthalte in Göttingen, im Sommer 1793, Herrn Girtanner meine Versuche über das Durchschneiden der Nerven zeigte, trafen wir beim Experimentiren selbst auf diese Isolirung durch Menschen. Der scharfsinnige Mann äufserte die Vermuthung, dafs ein rheumatischer Zustand wohl eine solche Erscheinung hervorbringen könne, und ich gestehe, dafs fast alle Erfahrungen, welche ich in der Folge darüber anstellte, diese Vermuthung bestätiget haben. Ich habe an mir selbst beobachtet, dafs ich bei einem heftigen Anfalle von Schnupfenfieber gar nicht im Stande war, mittels der wirksamsten Metalle mir die Galvanischen Blitze vor den Augen zu erregen; dafs ich jede Kette zwischen der Muskel- und

Ueber die Art, wie bei matten Thieren, wo die Oberhaut isolirt, das sogenannte thierisch elektrische Fluidum ein- und ausgeleitet werden kann, habe ich folgenden Versuch mehrmals angestellt. Man verwunde sich bis aufs Malpighische Netz einen Finger der linken Hand, und verbinde die Wunde mit der Nervenarmatur, so wird, so lang diese Verbindung dauert, sogleich eine Muskelcontraction entstehen, wenn an irgend einem andern Theile des Körpers, sey es an der rechten Hand, oder an der Schulter, ebenfalls die Epidermis abgezogen und an diese Stelle die Muskelarmatur applicirt wird. Der menschliche Körper verhält sich dann wie ein überfirnistes Metall, dessen Ueberzug an zwei Puncten weggefeilt ist!

Nervenarmatur unterbrach. So wie das rheumatische Uebel die Reizempfänglichkeit der Organe mindert, so schien es auch ihre Leitungskraft zu afficiren. Freilich ist das wie? in dieser Sache damit noch gar nicht erläutert; freilich habe ich hier und da isolirende Personen gefunden, welche sich im Genusse der vollkommensten Gesundheit befanden; aber ist es in einem solchen Oceane der Unwissenheit nicht immer schon gewonnen, eine Bedingung auszumitteln, wo man nicht jede determiniren kann?

Die Aehnlichkeit dieses Versuchs mit den elektrischen, wo man Schläge der Kleistischen Flasche durch eine Kette von Menschen durchleitet, führte mich (durch eine sehr natürliche Ideenverbindung) auf ein Factum, das ich mich besann in den Schriften *) der gelehrten Societät zu Philadelphia gelesen zu haben. Herr Flagg erzählt aus Briefen von Rio Essequebo, dass, wenn mehrere Personen sich die Hände geben und die äussersten Glieder der Kette den Gymnotus electricus beim Kopf und Schwanz berühren, diejenigen nicht erschüttert werden, welche durch ihre Constitution vor dem Ueberströmen des elektrischen Fluidums geschützt werden. „*If a number of persons join hands and one touch* „*the Eel, they are all equally shocked, unless there should* „*happen to be one of the number incapable of being affected* „*by the Eel, which is the case of a very worthy lady of* „*my*

*) *Transact. of the American Phil. Society, held at Philadelphia, Vol. II. n.* 13. Observat. on the Torporific Eel by Henry Collins Flagg, of South-Carolina.

„*my acquaintance, who can handle this fish at will.*„ Von dieser *very worthy Lady* sagt der Rev. D. Stiles in einer Note, dafs sie, als er sie kennen lernte, ein hektisches Fieber hatte, dafs er aber vergessen zu fragen, *) ob sie im gesunden Zustande bereits eben so sicher den Zitteraal berühren konnte? Auch von gewissen Indianern und Negern wird erzählt, dafs sie den Gymnotus electricus ohne Erschütterung und Schlag berühren können. — So unendlich mangelhaft diese Nachrichten in Hinsicht auf die zu erprüfende Ursache scheinen, so lehrreich sind sie doch für den Physiologen, da sie das wichtige Factum begründen, dafs einige Menschen, sey es nun immer, oder nur in gewissen Zuständen, unempfindlich für die Influenz der elektrischen Fische, andere isolirend für das Galvanische Fluidum sind. Das Auffinden dieses Factums war mir um so interessanter, als mir noch kein Versuch bekannt ist, in dem die Elektricität, wenn man sie durch eine Kette von mehreren Menschen leitet, im Durchströmen durch einzelne Glieder aufgehalten wurde. Denn der längst widerlegte **) Wahn, als könnten

*) In dem sonst so vortrefflichen Wörterbuche des Herrn Gehler (B. 4. S. 879.) sollte daher nicht apodiktisch gesagt seyn, als habe Flagg "mit Auszehrung behaftete "Personen" unreizbar gefunden. Der Rev. D. Stiles sagt blofs: "I am persuaded it is something "in the constitution of the lady," was Ursach der Erscheinung ist.

**) S. Sigaud de la Fond *Précis historique des phénomènes électriques à Paris* 1781. *p.* 285.

Castraten und ihnen ähnliche, durch Ausschweifungen geschwächte Personen keine Leidner Flasche entladen, bedarf hier keiner Erwähnung, so wie die Bemerkung, daſs gewisse Menschen von dem elektrischen Schlage empfindlicher erschüttert werden, als andere, mit der Frage: ob ein thierischer Körper isolirend, wie Harz und Siegellack, werden kann, nichts gemein hat. Reizempfänglichkeit und Leitungskraft sind wie die Erscheinungen der belebten und todten Materie verschieden. Ich werde an einem andern Orte zu diesem Gegenstande zurückkehren. Hier wollte ich nur beiläufig darauf aufmerksam machen, wie unbedeutend scheinende Umstände, wenn man sie mit analogen vergleicht, auf die Entscheidung wichtiger Probleme Einfluſs haben können.

So wie die nicht befeuchtete Epidermis des Menschen nur im Zustande hoher Erregbarkeit leitet, so ist dagegen die erdige Faser der Knochen für sich, in jedem Zustande isolirend. Diese Eigenschaft hat sie mit allen den Theilen der Vegetabilien und Thiere gemein, welche ihren Mischungszustand (nach der Trennung vom Ganzen) wenig, oder gar nicht ändern, und daher an die unorganische Natur grenzen, mit dem Holze, den Haaren, und dem Pappus der Pflanzensaamen.*)

*) Vergl. meine *Flora Friberg. p.* 137, §. 4. und dagegen streitend Schäffer über Sensibilität, als Lebensprincip in der organischen Natur 1793. S. 18. — "einer Schrift, die (wie Herr Pfaff sich aus-"drückt) nichts als Copie der Girtannerschen Abhand-"lung über die Irritabilität ist, mit dem Unterschiede

Auffallend ist der Unterschied der Leitungskraft, wenn man das Os femoris irgend eines Thieres dem Nervenleiter so anlegt, dass derselbe bald das reine Mittelstück an der Linea aspera, bald den noch mit Knorpelrinde überzogenen innern Condylus trifft. Im erstern Puncte ist alles isolirt, der abgeschabte Knochen verhält sich wie ein unorganisches Fossil, wie Apatit und Gyps; den Condylus hingegen, besonders da, wo das Ligamentum cruciatum gegen den hintern Rand des Schienbeinkopfes zu liegt, macht die frische Knorpelrinde zu einer leitenden Substanz.

Ich komme hier auf eine merkwürdige Erscheinung, welche ich denkende Physiologen sorgfältig zu prüfen bitte. Nichts ist bekannter, als der Zustand der Empfänglichkeit, in welchen schwache vegetabilische Säuren, unreife Weintrauben, Pflaumen, Aepfel, Citronen, oder Essig den gesundesten Zahn versetzen. Der gemeine Sprachgebrauch legt dieser Erhöhung der Reizempfänglichkeit sehr unphilosophisch den Namen Stumpfheit der Zähne bei. Die sonst fühllose Krone derselben, die unverletzte Substantia vitrea wird in diesem Zustande so reizbar, dass die Berührung mit Wolle und Leinwand, Löschpapier und Kork, ja bisweilen schon die Furcht vor einer solchen Berührung ein lebhaftes Unbehagen erweckt. Herr Wedekind *) hat das

"dass das Wort Irritabilität in Sensibilität verändert " wird."

*) Aufsätze über Gegenstände der Arzneiwissenschaft 1791. S. 357.

Verdienst, die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf dieses Factum geleitet zu haben, und der große Hallische Physiologe, Herr Reil, *) hat sinnreiche Vermuthungen darüber aufgestellt. Was kann auch in der That auffallender seyn, als einen Theil, den wir für einen bloss erdigen Stoff halten, **) dem die Natur keine Empfindung verliehen zu haben scheint, durch Berührung einer Säure zu einer solchen Sensibilität erhöht zu sehen!

Es ist eine bekannte Erfahrung, dass der Voltasche Versuch mit Armirung der Zunge nicht glückt, wenn man, statt die untere und obere Fläche derselben mit Zink und Silber zu belegen, das eine Metall an die Krone der Zähne, das andere an die Zungenspitze applicirt. — Ich war neugierig zu wissen, ob die Zähne im sogenannten Zustande der Stumpfheit diese isolirende Eigenschaft behielten, und Herrn Wedekind's Schlüsse liessen mich das Gegentheil vermuthen. Der Erfolg meiner Versuche hat diese Vermuthung gerechtfertiget. Ich benetzte die Krone der Schneidezähne bald mit Sauerkleesäure, bald mit Essig, und nun erregten die Armaturen die gewöhnliche Empfindung in den Geschmacksorganen, ungeachtet das eine Metall bloss die Substantia vitrea berührte. Diese Empfindung war gleich stark, der Zink mochte das Zahnfleisch, den Gaumen, oder den Schmelz berühren. Hier war also die

*) Hübner *Dissert. de Caenesthesi. Hal.* 1794. *p.* 33.

**) Sömmering's Knochenlehre 1791. S. 4. §. 8. Blumenbach's Geschichte der Knochen 1786. p. 50. und 59.

kettenförmige Verbindung, welche die Wirkungen des Galvanismus voraussetzen, durch das wunderbare Geflechte des fünften Nervenpaars hergestellt. Die Zuleitung geschah vom Zinke durch die Zähne, in den Unterkiefernerven und von diesem durch die, beim dritten Hauptaste so häufigen Anastomosen in den Lingualis und dessen pinselartige Verbreitung in die Zungenwärzchen. Hier war ein erdiger Stoff auf einmal leitend, ein Stoff, der sonst jede Kette, wie Glas und Siegellack, unterbricht. Ja! ausser dem alkalischen Geschmacke auf der Zunge wurde noch, wenn die Stumpfheit der Zähne recht gross war, eine widrige Empfindung in diesen erregt. Eben so gelang mir selbst einige Male der Huntersche Versuch blitzähnlicher Erleuchtung, indem ich die obern Schneidezähne mit Silber und die obere Zungenfläche mit Zink armirte, und beide Metalle mit einander verband. Entsteht dieses Phänomen nicht aus der Verbindung des zweiten und ersten Hauptastes des fünften Paars, nemlich durch Zuleitung des vordern (vom Nervus infraorbitalis abgehenden) Zahnnerven des Oberkiefers, durch den Nasalis, in die Ciliarnerven, und von diesen (denn wirkliche Anastomose fehlt!) mittels der Sehnervenscheide, an der sie ansitzen, in den Sehnerven? Herr Reil glaubt, die Krone der Zähne, ein so unorganisches Ansehen sie auch habe, sey nicht von eigenen Nerven entblösst. Im natürlichen Zustande sey diese Empfänglichkeit unendlich schwach, durch die Säure werde sie erhöht. „*Corona*

„*dentium* *) *a caenesthesi non est destituta, cum in morbo* „*exaltetur, immo cum sensu gaudeat, haud nervis caret.* „*Acidum pomorum specificum est irritamentum, quod vi* „*pollet, exaltandi sensibilitatem dentium.*„ Eben diese Existenz der sensiblen Faser schliesst dieser Physiologe aus den, durch Whytt und Murray so fleissig gesammelten pathologischen Fällen in von Reizbarkeit Sehnen und Bändern. „*Nervos,*" heisst es in der Abhandlung von der Lebenskraft, **) „*in tendinibus se non invenisse asserunt Anatomici, et ex ea ratione illas insensibiles* „*statuere. Sed vivit tendo vix absque nervo et morbo affecta* „*sensibilitatem monstrat. Morbus vero vires novas affundere* „*non potest, sed praesentes tantum exaltare.*" So wenig ich es mir anmaassen darf, in einem so wichtigen Puncte zu entscheiden, so glaube ich doch, dass mehrere Erfahrungen mich berechtigen, einige Zweifel wider jene Schlüsse zu äussern. Die Verbindung, in welcher die Nerven mit Ernährung und Erwärmung der Theile stehen; der Einfluss, den sie auf den grossen chemischen Process der vitalen Functionen haben, lässt mich ebenfalls vermuthen, dass ein kommendes Jahrhundert uns dieselben an Orten darlegen wird, von denen wir sie jetzt ausgeschlossen glauben. Die pathologische Erscheinung aber: dass Theile zu gewissen Zeiten Schmerz erregen, welche zu andern vollkommen empfindungslos sind, lässt wohl nicht unmittelbar auf eigene Organe dieser

*) Hübner *de Caenesthesi p.* 34. — Vergl. damit Sömmering a. a. O. S. 193. §. 225.

**) Gautier *de Irritabilitate* 1793. p. 25. und besonders noch p. 163.

Caenesthesis schliessen, sondern läfst vielmehr noch andere Erklärungsarten zu. Sollte das ganze Phänomen nicht eine Folge veränderter Zuleitung seyn? Wir sehen täglich, dafs mechanische Erschütterungen heftige Stimuli für Bewegungs- und selbst Sinnesnerven sind, die Erschütterung mag den Nerv unmittelbar treffen, oder durch andere organisch verbundene Theile auf ihn fortgepflanzt werden. Mufs nun jede Veränderung, welche in diesem Medium vorgeht, nicht die Stärke der Fortpflanzung eben so modificiren, wie Schallstrahlen stärker durch Lebensluft, als durch kohlensaures Gas fortgeleitet werden? Ist es nicht denkbar, dafs Theile, welche wegen ihrer Rigidität fast alle Erschütterung hemmten, im krankhaften Zustande, oder durch andere Verhältnisse dergestalt verändert werden, dafs sie nun mit vermehrter Elasticität den empfangenen Stofs fortpflanzen? Ich führe diese mechanische Vorstellungsart nur zum Beispiele an; denn die meisten, wo nicht alle Reizungen der Nerven und Muskelfaser reduciren sich gewifs auf chemische Gesetze, auf Mischungsveränderungen der Materie. Aber auch hier giebt uns die Erfahrung analoge Fälle an die Hand. Wärmestoff, der freie sowohl, als der (mit einem unbekannten Radicale y) im elektrischen Fluidum gebundene, ist ein wirksamer Stimulus für die incitablen Organe. Wie mannigfaltig sind nun nicht die Abstufungen der Leitungskraft für Elektricität und Wärmestoff, wie schnell wird dieselbe nicht durch die kleinsten chemischen Veränderungen modificirt? Wo gehen in der todten Natur diese Ver-

änderungen so unaufhaltsam wechselnd vor, als in dem stäts sich erneuernden, wandelbaren thierischen Stoffe? Wie wird hier, bei dem ewigen Binden und Zersetzen, bei dem Fest- und Flüssigwerden der Elemente die Temperatur bald erhöht, bald erniedrigt, das Oxygen bald angehäuft, bald ausgeschieden? Und gerade Vermehrung der Temperatur und Entweichung des Sauerstoffs können isolirende Substanzen in Conductoren der Elektricität, und diese in jene verwandeln. Wir sehen beim Galvanischen Versuche, dass (Fig. 51.) der Nerv, *n*, von Oel umflossen durch das Metall *s* nicht eher gereizt wird, als bis eine Mischungsveränderung in dem Oele vorgeht, bis man eine alkalische Solution in dasselbe träufelt, und bis das zur Seife umgebildete Oel die reizende Ursache fortpflanzt. Kann beim sogenannten Stumpfwerden der Zähne die vegetabilische Säure, unter Einwirkung der belebten Organe, nicht vielleicht eben so auf den Schmelz, wie das Oleum tartari per deliquium auf das Oel wirken?

Nach dieser Vorstellungsart bedarf es weder in der Krone des Zahns, noch im schmerzenden Knochen eigener Nervenfasern, um die temporäre Sensibilität dieser Theile zu erklären. Der Unterkiefernerv des dritten Hauptastes vom fünften Paare und die der Beinhaut anliegenden, oder mit den Arterien bisweilen in die Knochen eindringenden *) Nerven scheinen mir die wahren Organe dieser Caenesthesis zu seyn. Ihr sensibler Wirkungskreis wird

*) Klint *de Nervis brachii* 1785. §. 5.

dadurch vermehrt, dafs die Stoffe, die fie umgeben, an Leitungskraft zunehmen, und wie fchwankend unfer Urtheil über den Ort des Schmerzes ift, davon zeugen die zahllofen Eigenheiten fympathetifcher Erfcheinungen. Auch ftreiten directe Erfahrungen gegen die Meinung, als könne eine fcharfe Säure die Reizempfänglichkeit des Nerven erhöhen. Ich werde am Schluffe diefer Schrift, wo ich meine Methode, die Temperatur der Lebenskraft nach Willkühr zu ftimmen, bekannt mache, durch zahlreiche Verfuche darthun, dafs Säuren (wenn fie nicht mit Oxygen überfäuert find) die Nervenkraft deprimiren. Die Erregbarkeit jedes Nerven wird durch unmittelbare Benetzung mit denfelben herabgeftimmt, ja zuletzt vernichtet — eine Wirkung, die blofs chemifch und gar nicht mechanifch, die Structur und Form der Theile zerftöhrend ift. Dagegen habe ich entdeckt, dafs alkalifche Solutionen der mächtigfte Stimulus für die fenfible Fiber find, dafs fie die Incitabilität derfelben fürchterlicher, als Arfenikkalche und oxygenirte Kochfalzfäure, vermehren. Durch diefe Beobachtung geleitet, benetzte ich den obern Schmelz meiner Zähne mit concentrirtem Oleum tartari per deliquium. Sind unbekannte Nervenfäden, dachte ich, Urfach jener problematifchen Empfindlichkeit, fo habe ich Grund zu hoffen, dafs diefelbe auf diefem Wege erweckt werde. Aber der Zahn blieb unempfindlich. Auch Alkohol konnte die durch Säuren erregte Stumpfheit nicht mindern. Freilich wird man einwenden, dafs verfchiedene Theile verfchiedenen Reizen gehorchen,

dafs gerade für jene unbekannte Nerven vegetabilische Säure ein eben so specifiker excitirender Stimulus seyn kann, als es die Alkalien für andere Nerven sind. Diesem Einwurfe kann ich durch directe Versuche nicht begegnen. Da aber alle sensible Organe, die ich bisher bei kalt- und warmblütigen Thieren geprüft, von Alkalien und Säuren auf einerlei Art afficirt wurden, so frage ich blofs: ob es nicht sicherer ist, statt eigene Nerven, und Nerven von so sonderbarer Natur anzunehmen, jene pathologischen Fälle der Caenesthesis auf das Phänomen der Zuleitung zu reduciren?

Eben diefs Phänomen scheint mir eine wichtige und bisher wenig bemerkte Rolle bei Stimmung der Lebenskraft selbst zu spielen. Wir sehen, dafs thierische Organe zu gewissen Zeiten mehr, zu andern weniger lebhaft von den Objecten der äufsern Sinnenwelt gerührt werden. Wir schreiben diese verschiedenartige Reizung gewöhnlich nur zweien Ursachen, entweder der Reizempfänglichkeit der Fiber, oder der Qualität des Reizes (reizenden Stoffes) zu. Sollte aber eine dritte Ursach, die Fähigkeit der thierischen Materie den Reiz auf den Nerv fortzupflanzen, sich nicht eben so wirksam dabei zeigen? Die aus dem Conductor ausströmende Elektricität afficirt uns an einem Tage mehr, als an einem andern. Sie afficirt oft dann am meisten, wenn unser Körper für andere Stimuli am unerregbarsten scheint. Hängt diese Verschiedenheit der Perception dann vielleicht nicht blofs von einem vermehrten Leitungsvermögen unserer

Muskeln ab? Ist der jugendliche, biegsamere Körper nicht schon darum reizempfänglicher, reicher an sympathetischen Erscheinungen der Bewegung und Empfindung, als die rigide Faser des Greises, weil jener die empfangenen Eindrücke schneller auf einen, oder mehrere Nerven fortleitet, wo dieser einer unmittelbaren Rührung seiner sensiblen Organe bedarf? —

Doch ich kehre zu den Gesetzen des Galvanismus zurück. Ich habe bereits eben den Unterschied zwischen der Leitungskraft thierischer und vegetabilischer Stoffe bemerkt. Gekochter Schinken, oder gebratenes Rindfleisch leitet, wenn es auch noch so trocken ist, fünf Tage lang, während dass das saftige Blatt des Mesembryanthemum dolabriforme wenig Stunden, nachdem es vom Stamme getrennt ist, bereits ein isolirendes Glied der Galvanischen Kette wird. Indem ich über diese Eigenthümlichkeit des thierischen Stoffes nachdachte, fiel ich, durch eine sehr leicht zu errathende Ideenverbindung, auf die Frage: ob manche hierländische Schwammarten, die den Thieren so nahe verwandt sind, sich als Leiter, dem Muskelfleische ähnlich verhalten sollten? Zur Entscheidung derselben stellte ich im April 1795 (bei meiner Durchreise nach Jena) sogleich eine Reihe von Versuchen an, deren Resultate mich sehr überraschten. Herr Gehler *) hat in seinem grossen physikalischen Werke dem Publicum die erste Nach-

*) Physikalisches Wörterbuch B. 5. S. 295. Vergleiche auch meinen ersten physiologischen Brief an Herrn Blumenbach in Gren's Neuem Journal B. 2. S. 121.

richt davon gegeben. Die Wichtigkeit, mit welcher derselbe dies Factum behandelt, muntert mich auf, es hier weitläufiger zu entwickeln.

Alle Schwammarten, welche im Zustande der Fäulnifs einen cadaverösen, süfslichen, thierischen Geruch von sich geben, sind eben so vollkommene Leiter in der Galvanischen Kette, als wirkliche thierische Organe. Besonders zeigen sich hierunter die Morcheln, und zwar die drei efsbaren Arten, *) Phallus esculentus (Spitzmorchel), Elvela mitra (Stockmorchel) und Elvela sulcata, aus. Man kann aus denselben, und wenn sie bereits drei Tage ihrem Standorte entrissen sind, Zolllange Streifen schneiden, und durch diese die Muskel- und Nervenarmatur wirksam verbinden. Man glaube ja nicht, als komme den Morcheln, da sie oft nach dem Regen gesammelt werden, diese Leitungskraft nur

*) Phallus esculentus, *Lin. Syst. Veget. p.* 978. Schäffer *Fung. tab.* 199. F. 2. 5. 6. Gled. *Meth. p.* 59. *n.* 4. P. acuminatus. Batsch *Elench. p.* 133. *n.* 9. Schrank *Flor. Bav. n.* 1636. — *Elvela mitra Lin. S. V. p.* 979. Schäffer *tab.* 159. Phallus brunneus Batsch *p.* 129. *n.* 2. Phallus mitra Baumg. *Flor. Lips. n.* 1609. Lumnitzer *Flor. Poson. n.* 1261. — *Elvela sulcata*, stirpite sulcato, rimoso, pileo plicato, adnato, crispo, nigricante. Willdenow *Flor. Ber. n.* 1158. Gleditsch. *p.* 36. *n.* 1. Phallus costatus Batsch *p.* 129. *n.* 4. Baumgarten *n.* 1608. — In Cochinchina wächst auf der Melaleuca leucadendra L. noch eine vierte efsbare Morchelart, welche die Einwohner Nam-tram nennen, die Elvela amara des Loureiro. (S. *Flor. Cochinchin.* 1793. *p.* 854.). Die Nam-rach oder Elvela mitra dieses Schriftstellers ist aber von unserer europäischen sehr verschieden.

als feuchten Substanzen zu. Ich habe, von mehrern Physikern dazu aufgefordert, eigene Gegenversuche deshalb angestellt. Die braune, im Alter fast sammtartige Oberfläche der Elvela mitra wurde auf Wolle und Löschpapier abgerieben, ihre Wirksamkeit blieb aber dieselbe. Ich liefs sie in kleine Stücke zerschneiden und über dem Feuer auf Blech leise erwärmen. Sie dampften sehr stark, wurden noch heifs zwischen die Muskel- und Nervenarmatur gelegt, aber ihre Leitungskraft war nicht gemindert: Sie leiten also nicht wie nasse Leinwand, und alle Wasserhaltige Substanzen, sondern wegen der eigenthümlichen Mischung ihrer Faser, wegen der fast thierischen Natur ihrer Lymphe. Die ausgezeichnete Wirksamkeit der letzteren vor dem Wasser, zeigte sich bei einem andern Versuche recht auffallend. Ich schnitt eine Spitzmorchel in zwei Hälften. Die eine wurde an einen trocknen Ort, die andere in reines Wasser gelegt. Dies Wasser färbte sich gelb, und um so stärker, je öfter der Schwamm darin gedrückt und gleichsam gewaschen wurde. Nach einem Tage liefs ich die eingeweichte Hälfte so weit abtrocknen, dafs sie noch um etwas feuchter als die war, welche im natürlichen Zustande blieb. Was erfolgte? Der Versuch Fig. 1. glückte, als die letztere, nicht aber als die erstere die Nerven- und Muskelarmatur verband. Demnach konnte in Rücksicht auf die Leitungskraft das Wasser, welches die Morchel eingesogen hatte, den Mangel der weggewaschenen Lymphe nicht ersetzen. Den thierischen Stoffen, oder der Morchel an Wirksamkeit nahe

kommend, doch aber tief ihnen nachstehend, fand ich noch; den Agaricus campestris, A. clypeatus, A. stercorarius, A. cinnamomeus Huds., A. imperialis Batsch, A. integer Willd., Agaricus Goettingensis Humb., Boletus bovinus Baumg., Boletus luteus, Clavaria coralloides, Clavaria fastigiata, Tremella arborea Huds., Peziza agaricoides Humb., Octospora lacera Willd., und selbst unter den neuen, von mir beschriebenen unterirdischen Gattungen, den Agaricus acephalus (Humb. *Flor. Friberg. n.* 163.) A. acheruntius (*n.* 129.) und Boletus fodinalis (*n.* 191.). Die Tremella arborea und Peziza agaricoides sind weit weniger leitend, als man aus ihrer schleimigen Substanz schliessen sollte. Unter den Flechten fand ich die tubercula der Verrucaria baeomyces und V. icmadophila wirksam. Dagegen zeigten sich mir alle Schwammarten mit holzigen Fasern, und andere, deren Mischung (wie die Producte ihrer Fäulniss beweisen) der thierischen Materie heterogen ist, der Agaricus flabelliformis, A. querneus Schrank, A. alneus, A. decipiens Willd., Agaricus cepaceus Humb., Boletus lobatus, Thelephora mesenteriformis Willd. Clavaria hypoxylon und unter meinen unterirdischen Gewächsen der Boletus filamentosus (*Flor. Friberg. n.* 183.) B. para-

doxus (*n.* 197.) Boletus Browni (*n.* 194.) und die Ceratophora *) Fribergensis (*n.* 115.) als isolirende Substanzen.

Diese Galvanischen Versuche mit Schwämmen scheinen kein geringes Licht über die Natur der Ma-

*) Dieses unterirdische Gewächs, mit dem an einigen Orten Zauberei getrieben wird, (quum steriles foecundet mulieres) hat abentheuerliche Schicksale unter den Botanisten gehabt. Löser entdeckte es im Anfange des 16ten Jahrhunderts in einem Bienenkorbe zu Wulfersdorff in Preussen (*flor. Prussica n.* 264.). Nun blieb es fast drei Jahrhunderte lang versteckt und ungesehen, bis ich es im Herbst 1791. zu Tuttendorff in Sachsen 350 Fuss tief, am Grubenholze fand, und in meiner Flora von Freyberg abbildete (*Tab. I. Fig.* 1. 2 — 4.). Kaum war dadurch das Interesse für die unterirdische Vegetation erwacht, so zeigte sich der, ehemals für so unendlich selten gehaltene Schwamm in Tyrol, am Westerwald und in den Harzer Bergwerken. Herr Hofmann fand ihn mit Saamenlöchern und änderte meine Benennung in Boletus Ceratophora um. (Gött. Gel. Anzeigen 1794. p. 378.). Eben dieser scharfsinnige Botanist legte der Göttinger Gelehrten Societät eine Abhandlung über das Wachsthum dieser wundersam gebauten Pflanze vor. Herr Schrader rechnet dieselbe, in seinem kritisch ausgearbeiteten *Spicilegio Florae Germanicae* 1794. *p.* 170. zum Boletus odoratus Wulf. Wenn ich Musse finde, meine vorräthigen Abbildungen unterirdischer Gewächse stechen zu lassen, und in einigen Fascikeln herauszugeben, so werde ich mich dann weitläuftiger über den Geschlechtsunterschied meiner Ceratophora äussern. — Eine derselben ähnliche Gestalt mag wohl die Fabel veranlasst haben, welche ich so eben beim Baco, wo er die unterirdische Vegetation nennt, erwähnt finde. In der Sylva sylvarum heisst es: „Fodinas Germanicas „memorant in fundo vegetabilibus foe„tescere, asseruntque operarii magicae „quid virtutis inesse quod colligi se non pa„tiantur." *Opera omnia* 1694. *p.* 868.

terie, aus der sie gebildet sind, zu verbreiten. Sie beweisen aufs unumstöfslichste, dafs nicht etwa blofs ihre entfernteren Bestandtheile denen des thierischen Muskelfleisches analog sind, sondern dafs vielmehr das Mischungsverhältnifs beider Stoffe sich völlig ähnlich ist. Auch stimmen damit die einzelnen chemischen Versuche überein, welche ich mit Morcheln und Champignons (Agaricus campestris) angestellt habe. Unter dem pnevmatischen Apparate destillirt, geben beide, wie thierische Muskeln, Nägel und Knorpel, ein leicht faulendes Wasser, kohlensaures Ammoniak und empyreumatisches Dippelsches Oel. Der Agaricus campestris ist, wie ich bereits in meinen Aphorismen über die Pflanzenphysiologie §. 11. angemerkt, reicher an Hydrogen als die Elvelen. (Drei Viertheil Unzen gaben 26,5 Cubiczolle Wasserstoffgas und 8,5 Kohlensäure.) Er naht sich mehr den vegetabilischen Stoffen. Die Morchel dagegen, besonders die Elvela mitra, enthält, wie das Ammoniak und Dippelsche Oel beweisen, eine gröfsere Menge Azote. Dieses Azote habe ich auch einzeln nach Herrn Fourcroy's Methode (*Annales de Chimie T.* 1. *p.* 40.) dargestellt. Ich erhielt es, wenn ich den Schwamm bei einer niedrigen Temperatur von 12 — 14° Reaum. mit schwacher Salpetersäure, die sich bei diesem Processe gar nicht zerlegen kann, übergofs, und das Gemenge destillirte. Das übelriechende Stickgas enthielt in meinen calibrirten Gläsern zu 22 Cubikzoll 4 (also über 5,5) Kohlensäure, welche das ätzende Alkali aufnahm. Morcheln mit Wasser ge-

gekocht und eingedickt geben eine grofse Menge thierifcher Gallert, wie auch die Nahrhaftigkeit der Suppentafeln, Gelatina tabulata, welche die Köche daraus bereiten, lehrt. Nach den neueften, (durch den Vorfall am Cimetière des Innocens, und die Wallrathfabrication veranlafsten) Entdeckungen der Parifer Chemiften wird Muskelfleifch, in verdünnte Schwefelfaure gelegt, in Fett, in Salpeterfäure, (nach Herrn Hermbftädt's Beobachtung) in eine wachsartige Materie verwandelt. Ich bin, indem ich dies fchreibe, befchäftigt, diefen Verfuch mit Morcheln zu wiederholen. Gleiche Quantitäten der Elvela Mitra und Elvela fulcata Willd. liegen erft 13 Tage in Schwefel- und Salpeterfäure, wovon jede mit 7 Theilen Waffer verdünnt ift, eingeweicht, und fchon ift die Veränderung des Schwammes in eine fettige Materie nicht zu verkennen. Das Product der Salpeterfaure ift weniger fchmierig und läfst durch Geruch, Farbe und Confiftenz wohl vermuthen, dafs es fich mit der Zeit in etwas Wachsartiges verändern werde. — Selbft in der Refpiration kommen die meiften Schwämme mit den Thieren überein. Ich glaube durch Verfuche *) erwiefen zu haben, dafs fie wie diefe, Tages und Nachts, irrespirable Gasarten, ein Ge-

*) *Flor. Fribergenfis p.* 174. Möchten doch mehr Chemiften fich mit Unterfuchung der Schwämme befchäftigen, wo noch ein weites Feld zu Entdeckungen offen ift. Wie auffallend ift nicht die Menge des reinen kryftallifirbaren Zuckers, welche Herr Günther im Agaricus campeftris, den er auf meine Bitte analyfirte, entdeckte.

menge von Hydrogen und Kohlensäure auszuhauchen, und dafs sie dies nicht im kranken Zustande, sondern in voller jugendlichen Kraft, ehe der Huth sich von der Hülle trennt, von sich geben.

Dem Einwurfe den ich oft hören mufs, als könnte die Wirksamkeit der Morcheln beim Galvanischen Versuche, und das Azote, welches sie in so beträchtlicher Menge hergeben, und von dem ihre Assimilationsfähigkeit (Nahrhaftigkeit) vorzüglich herrührt, nicht sowohl dem Schwamme selbst, als vielmehr den Thieren, welche ihn bewohnen, zuzuschreiben seyn, diesem Einwurfe werden Physiker, welche Naturproducte nicht blofs aus Kupferwerken kennen, sondern selbst arbeiten, leicht zu begegnen wissen. Jeder organische Stoff ist allerdings der Wohnplatz einer eigenen Thierwelt. Diese parasytisch lebenden Thiere sind aber nicht in jedem Zustande dieses Stoffes gegenwärtig. In dem frischen Flufswasser sind kaum die ersten Keime *) (Eierchen)

*) Alle Versuche, welche man über die Entstehung der Infusionsthierchen gemacht, geben unreine Resultate, weil sie unbestimmte Bedingungen enthalten, weil man die Atmosphäre nicht kennt, welche das faulende Wasser umgiebt, weil es Thiere giebt, welche die Siedhitze ertragen u. s. w. Folgendes Experiment wünsche ich einmal anstellen zu können: Frisch unter Quecksilber bereitete, inflammable und oxygenirte Luft wird durch einen elektrischen Funken verbrannt, und das entstandene Wasser wird, unter Lebensluft, dem Sonnenlichte (wohlgesperrt) bis zur Fäulnifs ausgesetzt. Werden sich Thiere erzeugen, und welche Gattungen? Nur das Quecksilber, und die Wände der gläsernen Gefäfse, welche beide Eier enthalten können, erregen Bedenklichkeiten.

der Thiere enthalten, welche das faule Waſſer beleben, und deſſen Fäulniſs vermehren. Wären dieſe Thiere in jedem Waſſer gleich ausgebildet vorhanden, ſo würde die Waſſerzerſetzung uns etwas mehr als Lebensluft und Waſſerſtoffgas liefern. Eben ſo mit den Schwämmen. Ich habe friſche Morcheln und Champignons mit groſser Sorgfalt mit einer 312481maligen Flächenvergröſserung mikroſkopiſch durchſucht, und kann betheuern, daſs auſser den einzeln darin herumſchwirrenden Inſecten, beſonders Arten des Dermeſtes, Animalcula infuſoria faſt nie darin zu ſehen ſind *) Der Vibrio glutinis, die Cycliden, Burſarien und Trichiden erſcheinen freilich in den faulen Morcheln, aber dieſe giebt mit Salpeterſäure digerirt nicht mehr Stickgas, als die friſche. Die Schwämme ſind alſo weder Thiere, noch Thiergehäuſe, **) oder letzteres wenigſtens nur in eben dem Sinne, als es auch die Eingeweide der Regenwürmer ſind, in denen das Perlenthierchen (Leucophra nodulata Müll.) wohnt. Ich kann dieſe Materie nicht verlaſſen, ohne noch einige Betrachtungen hinzuzufügen, welche ſich hier gleichſam von ſelbſt aufdrängen. Ein faſt gleich gemiſchter, aber freilich unendlich verſchieden geformter Stoff bildet das Muskelfleiſch der Thiere und den faltigen Huth eines

*) Bei dieſem Durchſuchen ſchneide man die Schwämme in ſehr dünne durchſichtige Scheiben, und benetze ſie mit deſtillirtem Waſſer, um die Infuſoria, falls ſie in der Lymphe ſtecken, loszuweichen.

**) Vergl. Schrank's *Bair. Flora, B.* 1. *p.* 568.

Schwammes. Monate braucht er in jenem zu seiner Entwickelung, während dafs er in diesem oft in einer Nacht, bei einem Gewitter-Regen, *) in grofsen Maffen wie durch einen Zauber zusammengerinnt. Welche wunderbare Verschiedenheit in den plastischen Kräften der Natur! Noch mehr: Eine unvollständige Induction läfst uns voraussetzen, als sey Erregbarkeit, oder die Fähigkeit sich auf einen Stimulus zusammenzuziehen, vorzüglich an das gebunden, was wir thierischen Stoff nennen. Man vergleiche die gallerthaltigen Schwämme und Getreidearten mit der Substanz des Hedysarum gyrans; der Mimosa pudica und Smithia sensitiva. Ich bin weit davon entfernt, jenen die reizbare Faser abzusprechen, ich halte es für erwiesen, **) dafs in ihnen tausenderlei, unserm Auge unsichtbare organische Bewegungen vorgehen; aber auffallend, oder unerwartet ist es doch immer, dafs das, sich völlig will-

*) Wie man im bürgerlichen Leben schnelle Arbeiten für schlecht hält, so erlauben es sich auch viele Botanisten, von den schnell erzeugten, rohen Säften der Schwämme zu reden. Welche Begriffe von Organisation setzt ein solcher Ausspruch voraus! (Vergl. Baco *Ver. Op. omn. p.* 864.).

**) *Flora Fribergensis p.* 146 — 172. Eine merkwürdige, durch Contraction gereizter Fibern hervorgebrachte Bewegung äufsert der Sphärobolus rosaceus (Tode *Fung. Mecklenb. F. I. p.* 44.) wenn er seine Saamenkugel wirft. Etwas ähnliches geschieht bei den Puccinien, der Ascophora und dem Pilobolus. — Vergl. auch Reil *de Irritabilitate p.* 9. *et* 62. Herr Reil unterscheidet nur noch Fibra communis und muscularis.

kührlich *) bewegende Hedyſarum gyrans, (welches in Hinſicht auf Bewegung viele Seewürmer, an der ſogenannten thieriſchen Natur übertrifft) bis jetzt noch ein gleiches Miſchungsverhältniſs der Beſtandtheile, wie Kohl- und Rübenarten, zeigt!

*) Die bei Tage und bei Nacht ſich zeigende völlig willkührliche Bewegung der foliola ſtipulaeformia, über welche Herr Hufeland ſo wichtige Aufſchlüſſe gegeben, dürfen ja nicht mit den gar nicht willkührlichen Bewegungen der Mimoſen verwechſelt werden. Voigt's Mag. für Phyſ. 1790. B. 6. St. 3. S. 17.

Siebenter Abschnitt.

Tafel über die Leitung des Galvanischen Fluidums — Zusammenflicken der Nerven. — Die belebten Organe brauchen nicht immer ein unmittelbares Glied der Kette auszumachen. — Länge der Leitungen — Die lebendige Nervenfaser belehrt uns, wie chemische Reagentien, über Mischung der Stoffe — Ein lebendiges Anthrakoskop — Form und Erschütterung der Excitatoren. — Dauert der Reiz fort, so lange die Kette geschlossen bleibt? — Doppelte Kette. — Was geht in den leitenden Stoffen vor? — Unterbindung des Nerven und der Arterie — Zerfleischung des Nerven und völlige Durchschneidung desselben. — Reizende und sensible Atmosphäre, sinnlich dargestellt. — Wie sie mit der Lebenskraft schwindet — Physiologische und pathologische Anwendung auf die Theorie des Getastes, des Geschmacks, der Nervenreproduction und einiger sympathetischen Erscheinungen.

Der vorstehende Abschnitt enthält die Stoffe, welche theils einzeln, theils mit einander verbunden, in Berührung mit erregbaren Organen Galvanische Erscheinungen hervorbringen. Da die Aufzählung derselben durch die Betrachtungen über ihr Mischungsverhältniss sehr unterbrochen worden ist, so stelle ich sie in tabellarischer Form hier nochmals zusammen. Unter den isolirenden Substanzen mache ich besonders auf zwei, heisses Glas und Flamme, auf-

merkſam; weil ſie mir für die Unterſuchung über die Natur des Galvaniſchen Fluidums, oder vielmehr über die materielle Urſache des Metallreizes, unendlich wichtig ſcheinen. Ich ſpare die Verſuche, welche ich zu dieſem Zwecke angeſtellt, bis zu der Widerlegung der bisher angenommenen Elektricitäts-Theorien.

Tafel über die Leitung des Galvaniſchen Fluidums.

Wirkſame Zwiſchenglieder. Excitatoren und Conductoren der thieriſchen Elektricität.	Unwirkſame Zwiſchenglieder. Iſolirende, ſtöhrende Subſtanzen.
Alle reguliniſche Metalle.	Oxydirte Metalle.
Geſchwefelte Metalle, oder Erze, welche unverkalchte Metalle enthalten.	Schwefelgeſäuerte Metalle, oder Erze, welche oxydirte, buntfarbige Metalle enthalten.
Vegetabiliſche Kohle.	Alle Luftarten, trockne und feuchte.
Steinkohle.	Thieriſche Knochen im natürlichen Zuſtande.
Graphit.	Haare der Thiere und Pflanzenblätter und Stengel, die von ihrer Oberhaut bedeckt ſind.
Kohlenblende.	Holzfaſern.
Lydiſcher Stein vom Nailaer Gebirge.	Glas, ſelbſt heiſses.
Alaunſchiefer.	Bernſtein.
Brandſchiefer.	Erhärtetes Eiweiſs.
Grau- und Schwarzbraunſteinerz.	Wachs.
Muskelfleiſch, Membranen, Nerven, Bänder und Gefäſse der Thiere, friſch, oder gekocht, gebraten und gedörrt.	Alle trockne Salze, und nicht kohlenſtoffhaltige Steine.

Morcheln und Schwämme, welche im Faulen einen cadaverösen Geruch verbreiten.	Oel. Harz. Gummi.
Eiweiſs.	Lichtflamme.
Waſſer. Blut. Pflanzenſäfte.	Luftleerer Raum.
Pflanzentheile mit friſchem Zellgewebe und ohne Oberhaut.	
Weingeiſt. Wein. Bier.	
Säuren. Alkaliſche Auflöſungen.	
Friſche, unerhärtete Seiſe.	
Durch Säuren ſenſibel gemachte Zähne.	

Die Galvaniſchen Erſcheinungen erfolgen nicht bloſs, indem die in der Tabelle aufgeführten leitenden Subſtanzen die Muskel- und Nervenärmatur verbinden; nein! die Wirkung des Reizes wird nicht gehindert, wenn ſelbſt der armirte Nerv durchgeſchnitten und Fig. 54. mittels Metall, Morcheln und Kohle, *r s t* geflickt iſt. Ich habe auf die Weiſe Nerven ausgeſchnitten und umgekehrt, Theile warm- und kaltblütiger Thiere 14—16 Zoll lang mit einander verbunden. Dieſe Verſuche würden wenig auffallendes haben, und (wenn man die heterogenen Stoffe *n*, *r*, *s*, *u*, *t* als einen Stoff betrachtet) zu dem ſchon Fig. 47. gezeichneten Falle mittelbarer Armirung *) des Nerven gehören, wenn es zur Erregung der Zuckungen nothwendig wäre, daſs die Pincette *p* mit ihrem einen Schenkel *o*, den Muskel, oder das mit dieſem noch organiſch ver-

*) Vergl. Pfaff a. a. O. S. 164. und 228.

bundene Nervenstück *m* berührte. Wiederhohlte Erfahrungen haben mich aber zu meinem Erstaunen belehrt, dass diese Nothwendigkeit nur in einem Falle minderer Reizempfänglichkeit eintritt, dass aber, bei hoher Erregbarkeit der sensiblen Fiber, die Contractionen ebenfalls erfolgen, wenn der Schenkel *o* in Fig. 54. mit einem der leitenden Stoffe *n*, *r*, *s*, *t* (in Fig. 47. mit *f*) verbunden wird. Ich habe bereits oben in Fig. 51., wo der Cruralnerv durch frischbereitete Seife mit dem Zinke in mittelbarem Contacte stand, darauf aufmerksam gemacht; unter einer grossen Anzahl bestätigender Versuche, welche ich aufgezeichnet, wähle ich aber nur einen sehr entscheidenden aus. Am 7ten December vorigen Jahres hatte ich den Nervus axillaris einer Maus (Fig. 47.) mittels eines Froschherzes *f* mit Zink *g* in Verbindung gesetzt. Das thierische Organ war wenig reizbar und das Galvanisiren glückte nur dann, wenn ich *o* auf den Armmuskel, oder auf den in ihm inserirten Nerv aufsetzte, nicht wenn *o* das Froschherz *f* traf. Durch vorhergehende Versuche veranlasst, tauchte ich einen Pinsel in eine alkalische Auflösung und liess mittels desselben einige Tropfen davon auf den Insertionspunct des Nerven fallen, ohne den Apparat im geringsten zu verrücken. Ich berührte nur *f* mit dem Schenkel *o*, und augenblicklich stellten sich die Zuckungen ein. Diese Art zu reizen glückte 2 bis 3 Minuten lang. Die Contractionen wurden immer schwächer und erfolgten endlich nur wieder unter der vorigen Bedingung, dass *o* mit dem Nerv in unmittelbare Verbindung

trat. Ganz ähnliche Versuche machte ich an mehreren Froschschenkeln, deren Cruralnerven ich auf *f* legte. Die lebhaftern zuckten (bei Applicirung der Pincette an *f*) schon im natürlichen Zustande ihrer Erregbarkeit; die trägern wurden fast alle durch Benetzen mit Arsenikkalch, alkalischen Auflösungen, oder oxygenirter Kochsalzsäure, zu ähnlichen Contractionen gereizt. Bei eben diesen letztern wurde der Stimulus durch ein paar Tropfen Alkohol wieder unwirksam. Die erhöhte Erregbarkeit, welche ihnen künstlich gegeben war, wurde ihnen auch wieder künstlich geraubt. Der Alkohol machte die unmittelbare Berührung zwischen dem Nerv und dem Pincettenschenkel *o* nothwendig, und tilgte bald darauf auch die letzte Spur der Irritabilität. In der Zeichensprache ausgedrückt ist daher die Formel: Nerv $\underbrace{H\ P\ p}$ eben so gut positiv, als die $\underbrace{\text{Nerv}\ H\ P\ p}$.

Dieser Fall Fig. 51., in dem Galvanische Erscheinungen erfolgen, ohne dass die belebten Organe selbst ein unmittelbares Glied der Kette ausmachen, ist, so viel ich weiss, noch nie vorher beobachtet worden. Doch ist sein Einfluss auf die bisherigen Theorien vom gestöhrten Gleichgewichte eines circulirenden elektrischen Fluidums, wie wir unten sehen werden, sehr beträchtlich. Auch steht er in unmittelbarem Zusammenhange mit dem im dritten Abschnitte von mir beschriebenen auffallenden Versuche ohne Kette, Fig. 9 bis 13. Wenn (Fig. 47.) *f*, statt des Muskelfleisches, ein Metall ausdrückt, so kann dieses *f* mit der Armatur *q* als ein Ganzes betrachtet

werden, und die Formeln Nerv $\underbrace{PPp}$ und Nerv Pp sind in ihrem eigentlichen Sinne gleichbedeutend. So reiht ein Phänomen sich an das andere an, und was anfangs isolirt zu stehen scheint, tritt bald als untergeordnetes Glied in die grofse Kette beobachteter Wirkungen!

Bei der mittelbaren Armirung des Nerven Fig. 47. 51. und 54. scheint die Entfernung, in welcher die Armatur vom thierischen Organe liegt, nicht gleichgültig zu seyn. Bei minder lebhaften Individuen nehmen die Contractionen im umgekehrten Verhältnisse jener Entfernung ab, und scheinen überhaupt nur, das Medium mag noch so vollkommen leiten, auf eine gewisse Weite begrenzt, über welche hinaus sie völlig aufhören. Ganz anders ist es mit der Verbindung zwischen der Nerven- und Muskelarmatur, oder mit derjenigen Substanz, welche als Leiter von der unmittelbar applicirten Nervenarmatur zu dem Muskel führt. Ihre Länge scheint keiner Grenze unterworfen zu seyn. Herr Valli *) hatte Conductoren von 200 Fuss, Aldini **) führte feuchte hanfene Seile 250 Fuss weit um sein Haus zu Bologna, und beiden glückten ihre Versuche. Man könnte diese Vorrichtungen, wie bei den elektrischen Experimenten des Jallabert, Sigaud de la Fond, Monnier, Winkler und Watson (letzterer hatte Conductoren von 19200 Fuss Länge) ins riesenmäfsige vergröfsern, wenn man Flüsse zu

*) a. a. O. S. 158.

**) *Diss. de animali electricitate p. 31.*

dessen mögliche Existenz man vor sechs Jahren wohl noch unter die Hirngespinste gezählt haben würde. Ein Nerv, der zu einem Bewegungsmuskel führt, mit ein paar Kubiklinien Muskelfasern organisch verbunden, zeigt an, ob zwei Metalle gleiche, oder ungleiche Mischung haben, ob sie rein regulinisch, oder schwach oxydirt sind, ob ein Fossil von Kohlenstoff, oder von einem Metallkalche tingirt ist. Die verschiedene Legirung zweier Geldmünzen ist auf die Art sehr schnell zu prüfen. Zwei alte, vollwichtige Louisneufs, oder zwei neue Goldstücke der französischen Republik erregen als Nerven- und Muskelarmatur bei minder lebhaften Thieren so wenig Reiz, als die sehr sorgfältig ausgeprägten Preussischen Friedrichsd'or. Dagegen entstehen (worüber Münzverständige sich eben nicht wundern werden) bei einem alten Louisneuf und den Carolins, welche seit 1794 von so vielen Seiten her am Rhein erscheinen, fast eben so heftige Muskelbewegungen, als bei Armaturen von Zink und Silber. Die belebte Nervenfaser zeigt an, ob ein Erz regulinisches, oder oxydirtes Metall, ob Bleiglanz schwefelsaures, oder geschwefeltes Blei enthält. Die belebte Nervenfaser entscheidet, ob ein organischer Stoff, er sey (wie die Elvela Mitra) noch so verschieden vom thierischen geformt, diesem im Mischungsverhältnisse seiner Bestandtheile gleich ist, oder von ihm abweicht. Die belebte Nervenfaser endlich verkündigt dem Chemisten den Stoff vorher, den er entdecken wird. Sie ist (ich erinnere an meine Versuche mit Lydischem Steine und Kohlenblende) ein

lebendiges Anthrakoſkop, *) ein Mittel, Kohlenſtoff zu entdecken, faſt eben ſo ſicher als durch Glühfeuer und Alkali. Das Anthrakoſkop hat aber auch die übrigen, eben nicht belobten Eigenſchaften der Inſtrumente, welche ſich in ſkop und meter endigen, nemlich die, auſser der Kohle, noch manches andere mit anzuzeigen, was nicht Kohlenſtoff iſt, ja (wie das Hygroſkop) auf Nicht-Kohle zu zeigen, wo Kohle in Menge vorhanden iſt. Denn das Hygrometer belehrt uns oft von vollkommener Trockenheit, wo die gröſste Menge Waſſerdampf latent ſchwebt, oder vielmehr man überredet uns, das Hygrometer zeige Abweſenheit des Waſſers an, wo es bloſs Abweſenheit des mechaniſch in der Luſt hängenden Waſſers anzeigt!

Aber nicht bloſs die relative Folge der Leiter in der Galvaniſchen Kette und das Miſchungsverhältniſs ihrer Beſtandtheile, auch die äuſſere Form derſelben hat Einfluſs auf ihre Wirkſamkeit. Die Lombardiſchen Phyſiologen **) waren durch die Analogie, welche ſie zwiſchen Elektricität und Galvanismus ſüchten, ſchon längſt auf dieſen Umſtand aufmerkſam gemacht, und Herr Pfaff ***) hat ſeiner ebenfalls erwähnt. Ich begnüge mich daher, hier nur eines einzigen Verſuchs zu erwähnen. Zwei Goldſtücke *a* und *b*, von denen das erſtere zur

*) S. meine Abhandlung über ein neues Anthrakoſkop in Crell's Annalen 1795. B. 2. S. 3.

**) Aldini *l. c. p.* 41.

***) a. a. O. S. 231.

Nervenarmatur diente, waren durch einen darauf gelegten ſehr glatt polirten ſtählernen Stab mit einander verbunden. So lange derſelbe, wie Fig. 55. die Goldmünzen mit der flachen Seite berührte, brachte die Verbindung von *b* und dem Schenkel mittels Blei *c* keine Muskelbewegung hervor. Kaum aber wurde er (wie Fig. 56.) mit der ſcharfen Kante auf *a* und *b* aufgeſetzt, ſo fand ich den Muskelleiter überaus wirkſam. Es erfolgten heftige und dauernde Contractionen.

So wie bei weniger lebhaften Thieren das gegenſeitige Berühren ſcharfkantiger Armaturen den Effect verſtärkt, ſo befördert auch eine leiſe Erſchütterung denſelben. Ich ſage vorſetzlich nur, daſs ſie denſelben befördern, denn die Meinung, daſs Erſchütterung, oder unmittelbare Berührung zweier Metalle zur Hervorbringung Galvaniſcher Erſcheinungen nothwendig ſey, iſt (in ſo vielen Schriften ſie auch vorgetragen iſt) völlig ungegründet. Ich habe mich davon durch eine Reihe ſorgfältig angeſtellter Verſuche, deren ich bereits im Anfange des vierten Abſchnitts erwähnt, zu überzeugen geſucht. Der Apparat in Fig. 1. 23. 24. 26. und 43. in dem Metall und Metall ſich nicht berühren, erſchüttert jedes Organ im Zuſtande höherer Reizbarkeit. Ja! ich habe es in dieſen poſitiven Fällen ganz gleichgültig gefunden, ob die feuchten Stoffe, welche die Metalle von einander trennen, aus dünnen, oder Zolldicken Scheiben beſtehen. Auch Erſchütterung der Armaturen iſt im Zuſtande hoher Incitabilität ſchlechterdings unnöthig.

Wo Muskelfleifch zwifchen den Metallen, wie Fig. 43. liegt, zeigt die Natur der leitenden Glieder fchon, dafs die Bewegung, welche etwa beim Schlieffen der galvanifchen Kette in *n* erregt wird, nach *s* und *t* eben nicht fonderlich fortgepflanzt werden kann. Noch deutlicher fällt diefer Verdacht der Erfchütterung in Fig. 2. weg, wo das Stück Muskelfleifch *z* leife an *x* und *y* herangefchoben ward, oder gar im Verfuch Fig. 57., wo die Contraction des fehr lebhaften Frofchfchenkels *t* in dem Augenblick eintrat, als ich die Muskelarmatur *q* mit ihrem vorderen Ende *e* in den kleinen Wafferftreifen *rs*, der von der Nervenarmatur *p* ausging, hineinzog. Ich könnte, um an etwas noch feineres zu erinnern, auch des wunderfamen Falls Fig. 37. erwähnen, wo der Muskelleiter blofs die fenfible Atmosphäre des thierifchen Stoffes *n* traf. Den confequenten Skeptiker werden aber alle diefe Experimente nicht überzeugen. Denn Erfchütterung ift nur eine Gattung der Bewegung, und wo wird in der äufseren Sinnenwelt eine Erfcheinung ohne Bewegung denkbar! Selbft in Fig. 37. können die feinen Theile, welche die fenfible Atmosphäre bilden, den von *a* empfangenen Stoff auf *z* fortpflanzen!

In dem Zuftande minderer Incitabilität befördert die leifefte Erfchütterung den Effect Galvanifcher Verfuche, und zwar auf zweifache Art, entweder indem fich die metallifchen Armaturen unter einander erfchüttern, oder indem der gereizte thierifche Stoff allein erfchüttert wird. Der erftere Fall ift allgemein bekannt, der letztere aber wenig beobach-

tet. Ich hatte, (wie in Fig. 28.), die Silberplatte c auf die Nervenarmatur von Zink *a* gelegt; auf c ruhte abermals Muskelfleisch *b*; statt des Ausladers *k* bediente ich mich eines Stücks gekochten Schinken, welches in einen langen aber schmalen Riemen geschnitten war; das eine Ende desselben lag auf *b* auf, indem ich das andere mit der Pincette in der Luft hielt. Drückte ich dieses allmälig und leise an den matten Froschschenkel *l* an, so blieb derselbe ungereizt; liess ich dasselbe aber etwa eine Linie hoch auf *l* herabfallen, so erfolgten lebhafte Muskelerschütterungen. Man glaube nicht, dass bei diesem Versuche auch eine Erschütterung in *b* statt gefunden habe. Denn wenn ich den schmalen Riemen auf *l* auflegte und vier Linien hoch auf *b* fallen liess, so blieb alles in Ruhe. Ja! diese Ruhe wurde ebenfalls nicht unterbrochen, wenn ich, indem der Muskelleiter sanft an *l* angedrückt wurde, dicht daneben ein, nicht zur galvanischen Kette gehöriges Metall auf den Schenkel fallen liess. Die beobachtete Erscheinung gehört also recht eigentlich zum Wesen des Galvanismus, und lässt sich keineswegs aus der Eigenschaft *) belebter Körper, durch mechanische Erschütterungen zu grösserer Reizempfänglichkeit erweckt zu werden, erklären.

Dauert der Reiz so lange fort, als die Kette, (welche die Armaturen mit den thierischen Organen bilden,) geschlossen bleibt; oder ist seine Wirkung auf den Moment eingeschränkt, wo die unterbrochene

*) Reil et Gautier *de Irritab. p.* 7. Note.

Kette von neuem sich schliesst? *) Diese Frage ist nicht so leicht zu beantworten, als es bei einer flüchtigen Betrachtung des Gegenstandes scheint. Ist nicht von der Reizung, von dem Effect des Reizes, sondern von diesem, dem Stimulus selbst, die Rede, so fehlt es an allen Datis zur Entscheidung. Die materielle Ursach, welche (bei dem Schluss der galvanischen Kette) die Muskelerschütterung veranlasste, kann immer noch fortdauern, wenn auch die Contraction selbst längst aufgehört hat. Dauert sie in gleicher Stärke fort, so kann sie vielleicht nur darum keine neue Contractionen erregen, weil sie als ein habituell gewordener Reiz wirkt. (Nähern wir uns zum ersten Male der duftenden Atmosphäre einer Blume, so werden Geruchswerkzeuge angenehm davon gereizt. Bleiben wir in gleicher Nähe, so hört die Reizung auf, oder der Eindruck wird wenigstens unendlich schwächer, obgleich die Pflanze fortfährt, ihre wohlriechenden Theile gasförmig **) auszustreuen.) Dauert die Ursach der Galvanischen Erscheinung nach Berührung der Armaturen zwar fort, aber nicht in gleichem, sondern in geringe-

*) Pfaff a. a. O. S. 26. 27. und 207.

**) Gasförmig zwar, aber nicht permanent, das scheint mir daraus zu folgen, dass alle Blumen bei Abend stärker duften. Ich glaube nemlich, dass in der kühlern Abendluft das dampfförmig expandirte Aroma eines Theils Wärmestoffs beraubt, und verdichtet wird. Versuche über diesen spiritus rector sind freilich schwierig; aber es gereicht den Chemisten doch nicht zur Ehre, dass seit Boerhaave darin so gar nichts geschehen ist.

rem Grade, so ist es ganz in der Natur der irritablen Fiber gegründet, nach Anbringung eines heftigen Stimulus, einem specifik ähnlichen, schwächeren nicht zu gehorchen. Wenn wir unsere Zunge mit concentrirter Essigsäure benetzen, so bringt die mit Wasser diluirte keinen sauren Geschmack hervor. Ich glaube also, dass das Nichterfolgen einer Reizung für die Abwesenheit des Reizes nicht entscheidet. *)

Frägt es sich hingegen, ob die Muskelbewegungen oder Empfindungen, welche das Galvanisiren erregt, fortdauern, auch wenn die Kette bereits geschlossen ist, so glaube ich, diese Frage für einige

*) Von dem umgekehrten Fall, ob die Reizung fortdauere, wo der Stimulus removirt ist, sagt Herr Reil *(l. c. p. 52.)* „*In quibusdam vero organis praecipue involuntariis* „*motus ultra irritamentum perdurare videntur: a tar*„*taro quippe emetico, rejecto iam illo, demum emesis* „*sequitur.*" Ist aber die Abwesenheit des Stimulus nicht oft bloss scheinbar und hat der ausgebrochene tartarus emeticus nicht gerade das zurückgelassen, was die Quer- und Längenfasern des Magens zusammenzieht? Viele Erscheinungen des belebten Körpers entstehen durch Reaction des Organs *y* auf das Organ *x*. Wir halten oft den Stimulus, welcher *y* veranlasst, auf *x* zu wirken, für den specifiken Reiz von *x*. Zeigt denn diess letzte Organ eine Veränderung noch dann, wenn der Reiz schon removirt ist, so glauben wir, der motus in *x* habe ultra irritamentum fortgedauert, obgleich derselbe nur eine Folge der simultanen Einwirkung des Organs *y* ist. — Diese sorgfältige Unterscheidung möglicher Fälle scheint mir für die Physiologie, welche an unauflöslichen Problemen so reich ist, ungemein wichtig, und der grosse Hallische Physiologe, dessen Arbeiten ich so sehr bewundere, wird bescheidene Zweifel mir nicht verargen.

Fälle aus eigenen neuen Erfahrungen bejahen zu können. Dem Voltaſchen Zungenverſuche, der fortdauernden Geſchmacksempfindung, welche man bisher für dieſe Bejahung anführte, wurde ſehr richtig entgegengeſetzt, daſs es phyſiſch, wie moraliſch unmöglich ſey, ein ſo bewegliches Organ, als die Zunge, zu zähmen, und daſs gerade dann, wenn wir alles in Ruhe wähnten, die kleinſte Verſchiebung eines Zungenwärzchens unter der Armatur, eine neue Berührung der Kettenglieder, und alſo eine neue Reizung veranlaſste. Dazu giebt ein Contact der Armaturen an der Zunge und der ſpongiöſen Subſtanz der Oberzähne nur einmal die leuchtende Erſcheinung vor den Augen, und eine Berührung des Froſchſchenkels mit dem Muskelleiter bringt nur eine Contraction in jenem hervor. Nach dieſen Erfahrungen ſchien es alſo nur zu gewiſs, daſs die Dauer der Reizung auf den erſten Moment des Contacts eingeſchränkt ſey. Neue Verſuche haben mich aber vom Gegentheil belehrt. Ich lieſs, um dieſelben gründlich anzuſtellen, zwei Blaſenpflaſter auf meinen eigenen Rücken legen. Die Wunde war mit einer groſsen ſilbernen Münze armirt. Die Zuleitung geſchah durch Zink. Nach einmaliger Berührung mit demſelben ſchwollen die Schulter- und Halsmuskeln wechſelsweiſe, unter heftigem Brennen, auf. Ich unterſchied, gleich nach Oeffnung der Blaſe, deutlich drei bis vier einfache Schläge. *) Zwei davon traten oft erſt ein, wenn

*) Vergl. meinen erſten Brief an Herrn Blumenbach (Gren's Neues Journal B. 2. S. 119.)

der Zink schon längst auf der entblößsten Haut ruhte. Diese Erscheinung hing übrigens ganz mit der Reizempfänglichkeit des Organs zusammen. Denn, als die Wunde eine halbe Stunde lang der Luft ausgesetzt war, und das Malpighische Netz erhärtete, fühlte ich bei einem Contact auch nur eine Muskelerschütterung. Es wurden einige Tropfen alkalischer Solution unter die Armatur getröpfelt, und nun zeigten sich, mit erhöhter Irritabilität des Organs, unter heftigeren Schmerzen, auch sogleich die drei- und viermaligen Contractionen wieder. Die Dauer derselben blieb indess auf eine oder zwei Secunden eingeschränkt, dagegen die brennende Empfindung in der Wunde unaufhörlich und in gleich hohem Grade anhielt, so lange die beiden Armaturen unter einander und mit meiner Schulter in Berührung lagen. Die breite Fläche, welche die Metalle bedeckten, die horizontale ruhige Lage, welche ich derselben gab, und die geringe Beweglichkeit der trägen Rückenmuskeln schlossen hier den Verdacht, als würde der Contact der Galvanischen Kettenglieder unmerklich aufgehoben und erneuert, vollkommen aus.

Wenn in dem gewöhnlichen Fall (Fig. 8.) zwei Metalle t und r mit einem incitablen thierischen Organe r, in wechselseitiger Berührung stehen, so ist eine neue Verbindung von t und r durch einen dem r homogenen Muskelleiter s nicht fähig, neue Muskelbewegungen hervorzubringen. Eine galvanische Kette kann also gleichsam nur einmal durch homo-

gene Glieder geſchloſſen werden. *) Iſt der Muskelleiter *s* aber verſchieden von *r*, ſo beſtimmt ſich der Erfolg nach der relativen Mächtigkeit, oder Präponderanz der Excitatoren. Iſt nemlich das zuerſt applicirte Schluſsglied *r* in Verbindung mit der Armatur *t*, wirkſamer, als das zweite *s* in Verbindung mit *t*, ſo wird dieſes keine neue Reizung hervorbringen. Dagegen habe ich dieſelbe meiſt beobachtet, wenn *s* und *t* eine höhere Stufe der Excitationsfähigkeit, als *r* und *t*, behaupten. In Fig. 2. zum Beiſpiel entſtand eine Muskelbewegung, als ich *z* zwiſchen *x* und *y* ſchob. Eine zweite folgte, als (während, daſs *x*, *z* und *y* in Contact blieben,) Zink *t* an den Schenkel, und Silber *s* an den Nerv applicirt wurden, und dieſes Metall jenes berührte. Warum? Weil die Verbindung der irritablen und ſenſiblen Fiber durch metalliſche Stoffe wirkſamer, als durch thieriſche iſt. Dauert daher die erſtere Verbindungsart durch *t* und *s* fort, und die Kette *y z x*, wird abwechſelnd geſchloſſen und geöffnet, ſo erweckt dieſe Veränderung keine neue Muskelbewegung. — Eben ſo erfolgt die Reizung, wenn in Fig. 8., (wo *t* Gold und *r* Zink bedeutet), *r* nach *s* applicirt wird, nicht aber, wenn *s* erſt nach der Anlegung von *r*, in Berührung mit *t* tritt. Denn *r* und *t* iſt mächtiger, als *s* und *t*.

*) Bei dem Fall Fig. 39., welcher ſich auf Belegung mit einer verdampfenden Feuchtigkeit bezieht, iſt bereits oben, am Ende des vierten Abſchnitts, angemerkt, daſs die Verkettung vom Nerven durch *r*, *z*, den linken Arm und den rechten nach *s*, die allein wirkſame ſey.

Schon im Eingange dieser Schrift über den Muskelreiz habe ich die Frage untersucht, was in der galvanischen Kette, während der Reizung, in den leitenden Stoffen vorgehe. Damals war aber blofs von den Nebenwirkungen auf die unbelebte Materie die Rede. Hier komme ich auf den Fall, wo eine erregbare belebte Substanz selbst als Leiter dient, (wie *x*, *y* und *z* in Fig. 2., oder *m* und *n* in Fig. 44.) — ein Fall, dessen Erörterung die Anstellung sehr feiner und zusammengesetzter Versuche voraussetzt, und kein geringes Licht über die verborgene Natur des Galvanismus zu verbreiten verspricht.

Das bekannte Experiment, in welchem man das (hypothetisch angenommene) Galvanische Fluidum durch eine Reihe von Menschen, die sich die Hände reichen, durchströmen läfst, ohne dafs diese Menschen eine Empfindung davon haben, *) hatte fast alle Physiologen zu der Behauptung veranlafst, der Metallreiz wirke nur auf die Organe, an welche die Armaturen unmittelbar applicirt sind. Herrn Volta's Scharfblick konnte das Irrige und Uebereilte dieser Behauptung nicht entgehen. Er sagt ausdrück-

*) Eine vornehme Person, welche sehr an magnetischen und elektrischen Wunderkuren hing, versicherte mich, so oft sie in der Galvanischen Kette stand, ein eigenes Gefühl der Wärme zu haben. Ich liefs, ohne dafs sie es wufste, die metallischen Armaturen sammt dem präparirten Thiere wegnehmen, und — das Gefühl der Wärme dauerte fort, ja es wurde noch lebhafter, als ich mit ernster Mine versicherte, neue und wirksamere Metalle applicirt zu haben!

lich in seinem ersten Briefe *) an Herrn Vassali:
„Es werden vier oder mehrere Personen isolirt, und „mit einander in leitende Verbindung gesetzt; so „dass der eine mit dem Finger die Spitze der Zunge „seines Nachbars, und ein anderer, auf eine ähnliche „Art, den blossen Augapfel seines Nachbars be-„rührt, die beiden andern aber mit den nassen Fin-„gern einen frisch präparirten Frosch halten, der eine „an den Füssen, der andere an dem Rücken dessel-„ben; der erste in der Reihe nehme eine Zinkplatte „in die blosse nasse Hand, und der letzte eine Silber-„platte, die sie in wechselseitige Berührung bringen; „so wie diess geschieht, entsteht sogleich auf der „Spitze der Zunge, die von dem berührt wird, wel-„cher in der andern Hand den Zink hält, ein saurer „Geschmack, und in dem Auge, das von dem Fin-„ger eines andern berührt wird, ein Schein von „Licht, und die Schenkel des Frosches, der zwi-„schen den beiden Händen gehalten wird, werden „heftig in Zuckungen gesetzt. Hier durchläuft also „das elektrische Fluidum diese ganze Kette von Per-„sonen: warum diese aber keine Erschütte-„rung in den Armen verspüren, darauf lässt sich „leicht das antworten, dass der Strom nicht hinrei-„chend heftig dazu ist, dass er es aber genugsam ist, „um diejenigen Nerven, welche empfindlich genug „sind, und durch welche das gesammelte und ver-„dichtete Fluidum geht, zu excitiren, nemlich die „Nerven des Geschmacks, des Gesichts, und die „Cruralnerven des Frosches, die sich alle bei dem

*) Deutsch in Gren's Neuem Journal 95 B. 2. S. 143.

„angeführten Verſuche im Durchgange des elektri-„ſchen Stromes befinden." Herr Volta glaubt demnach, daſs das galvaniſche Fluidum im Fall Fig. 47. in *f* bereits eben ſo reizend, als in *r* ſey, und daſs es nur an der mindern Erregbarkeit der ſenſiblen Fiber von *f* liege, wenn dieſe nicht eben ſolche Contractionen, als *r*, zeigen.

Eine Reihe mühſamer Verſuche läſst mich glauben, daſs die Wahrheit, wie bei ſo vielen Streitfragen, alſo auch hier, zwiſchen dieſem vortreflichen Phyſiker und ſeinen Gegnern in der Mitte liegt. Es ſcheint mir nemlich, *) als ſey das circulirende unbekannte Fluidum zwar allerdings ſchon in jedem Theile der Galvaniſchen Kette excitirend, als äuſsere ſich aber dieſe excitirende Kraft, auch bei gleicher Reizempfänglichkeit der Organe, in ungleich höherem Grade bei denen, welche unmittelbar armirt ſind, als bei denen, welche von den Armaturen entfernter liegen. Mit dieſem Satze ſtimmen folgende Beobachtungen überein:

Einem getödteten **) Froſche wurde der rechte und linke Schenkel abgelöſet. Die Incitabilität des

*) Dies Geſetz iſt nicht ganz richtig in meinem dritten Briefe an Herrn Blumenbach (Gren's N. Journal B. 3. H. 2. S. 169.) ausgedrückt. Ich hatte die Verſuche noch nicht genugſam vervielfältigt.

**) Alle Thiere, mit denen ich je experimentirt, habe ich durch Abſchneiden des Kopfes und Durchbohren des Rückenmarkes zu tödten geſucht. Ich füge dieſe Anmerkung einmal für immer bei, um den unangenehmen Eindruck zu mildern, den eine Sammlung zooto-

Thieres war gering. Der Cruralnerv *a* des rechten Schenkels wurde mit Zink *M* (Fig. 58.) armirt, und der Cruralnerv *b* des linken Schenkels mit *M* durch *a* verbunden. Hier blieb aber der zu *a* gehörige Muskel unerschüttert. Ich erhöhte die Reizempfänglichkeit von *a* durch einen Tropfen einer alkalischen Auflösung, und nun — traten die Contractionen im vorgedachten Falle ein. Eben dies bemerkte ich mehrmals bei Thieren, die einen natürlich hohen Grad der Sensibilität hatten. Es kommt allein auf den Zustand der Erregbarkeit von *a* an, denn wenn *a* ein lebhafteres, *b* ein matteres Organ ist, so verschwinden sogleich die Muskelbewegungen des unmittelbar armirten Theils, wenn man *b* an die Stelle von *a* legt, und nun mittelbar armirte *a* und *M* verbindet.

Ich hatte mir zwei Blasenpflaster auf den m u s c u l. d e l t o i d. der rechten und linken Schulter legen

mischer Versuche bei einer gewissen Klasse reizbarer Leser erregen muss. Nach meiner eigenen Art zu empfinden, würde ich ohne diese Vorsicht, die Thiere vorher zu tödten, auch nicht einen einzigen Galvanischen Versuch je haben anstellen können. — Ob aber einzelne abgeschnittene Theile eines nicht zusammengesetzten, nicht polypenartigen Thieres für sich empfinden, mögen die Psychologen entscheiden. Mit unsern Ideen von Einfachheit des Gefühls stimmt es wohl nicht überein, dass aus e i n e m Frosch ohne Kopf, der in der Gegend des Beckens in zwei Hälften geschnitten wird, von denen sich jede für sich Tage lang schauderhaft umher bewegt, z w e i empfindende Wesen werden können. Ja! die Bewegung dauert ja in jeder Cubiklinie Muskelfleisch fort, in welche das Thier zerfetzt wird! — Dieser Trostgrund scheint doch etwas sicherer, als der, welchen einige ältere Entomologen von der Stupidität und dunkeln Empfindung der gespiessten Käfer hernahmen!

sondern fast immer, erleiden. Ich erinnere hier an den merkwürdigen Fall, dessen ich schon in meinem dritten Briefe an Herrn Blumenbach (a. a. O. S. 168.) erwähnt habe. Eine zwei Zoll breite Wunde meiner rechten Schulter war mit Zink, eine ähnliche Wunde der linken mit Silber armirt. Ein Eisendrath, welcher mit dem Zink zusammenhing, ging mir durch den Mund, (und zwar zwischen der Oberlippe und der spongiösen Substanz der Oberzähne,) einer zweiten Person aber über die Zunge weg. Als nun der Eisendrath gegen das Silber gebogen ward, und mit ihm in Berührung trat, sah man meinen Muscul. cucullar. lebhaft zucken, ich fühlte ein schmerzhaftes Brennen und Pochen in der Schulter, ich sahe ein blitzähnliches Leuchten vor beiden Augen, und die zweite Person schmeckte die Säure auf der Zunge. Alle diese heterogene Erscheinungen waren in einem Augenblicke vorhanden, ungeachtet der Communicationsdrath eine Länge von einigen Fussen hatte.

Ist aber, was von den belebten Organen des Menschen ausgeht, nur specifiker Reiz für menschliche Organe? Wenn man den Nerv und Muskel eines Wasserfrosches mit heterogenen Metallen armirt, und diese, mittels eines Eisendrathes, verbindet, der über die Zunge weggeleitet wird; so entsteht (die Erregbarkeit des Thieres mag auch noch so grofs seyn,) nie die Empfindung der Säure. Anders ist der Erfolg, wenn man die Zunge den armirten Organen näher bringt. Der Schenkelnerv eines Wasserfrosches sey mit Zink armirt, diese und die

Zunge verbinde ein silberner Drath. So oft nun die Zungenspitze den Froschschenkel berührt, wird die Contraction des Muskels und die Säure gleichzeitig erregt. Eben dieses geschieht, wenn in Fig. 1. die Zunge die Stelle von *a* einnimmt. — Wenn man diese Versuche mit dem, an meinen Schultern angestellten zusammenhält, so folgt daraus, dass ein Stimulus, der von den Nerven kaltblütiger Thiere ausgeht, zwar allerdings auch die Nerven warmblütiger Thiere reizt, dass die Reizung aber, unter andern Bedingungen eintritt, als wenn bloss menschliche Organe mit einander verkettet sind.

Da die natürlichen Muskelbewegungen durch Unterbindung der Nerven und Arterien, welche einem Muskel eigenthümlich sind, so lange das Band nicht gelöset ist, gehemmt werden, so mussten die Physiologen von selbst darauf fallen, diese Hemmung der Lebenskraft durch die Erscheinungen des Galvanismus zu prüfen. Auch sind Versuche der Art vielfältig aufgezeichnet worden, welche aber fast alle einander widersprachen, bis Herr Valli *) die wesentliche Bedingung, von der das Gelingen oder Nicht-Gelingen allein abhängt, entdeckte. Diese Bedingung läst sich nach meinen Erfahrungen an kalt- und warmblütigen Thieren durch folgenden Satz ausdrücken: Die Unterbindung hemmt die Wirkungen des Galvanischen Reizes nicht, wenn dasjenige Stück Nerv, welches zwischen seiner Insertion

*) S. Valli's Entdeckung weiter ausgeführt in Pfaff a. a. O. S. 31. 210. und 225.

im Muskelfleifch und zwifchen dem Bande liegt, in Berührung mit einem ifolirenden Körper ift.

Wird daher (Fig. 59.) um den armirten Nerv *a b* in der Mitte bei *c* ein Band gelegt, und der Conductor zwifchen *c* und *a* und dann zwifchen *c* und *b* angefetzt, fo werden im erften Fall gar keine, im letzten aber fo lebhafte Muskelbewegungen erfolgen, als wenn das Band gar nicht vorhanden wäre. Diefe Erfcheinungen bleiben fich gleich, wenn ich den Nerv, nahe bei *c*, noch mehrmals unterbinde. Wird aber das Band an dem Infertionspuncte bei *b* felbft angebracht, fo verfchwinden alle Zuckungen, wie man auch immer den Schenkel galvanifire. Eben diefe Ruhe erfolgt, wenn die Unterbindung bei *c* bleibt, das Nervenende *c b* aber (Fig. 60.) fo gebeugt wird, dafs das Muskelfleifch in Berührung mit *c* tritt. Ja! ich habe diefelbe in Fig. 59. auf eine noch einfachere Art erhalten. Das Band blieb bei *c* und war über 4 Linien weit von dem Infertionspuncte entfernt. Die Contraction, welche in diefem Falle erfolgte, als der Silberdrath den Schenkel und die Zinkarmatur verband, verfchwand fogleich, als ich das Nervenftück *c b* mit einer frifchen Frofchleber bedeckte. Denn nun war daffelbe von der Berührung der atmosphärifchen Luft ausgefchloffen und mit einem leitenden Medium umgeben.

Alle Phyfiker, welche ich über die möglichen Urfachen diefer fonderbaren Bedingung befragte, reduciren diefelbe auf das, von Herrn Pfaff *) fo fchön entwickelte Phänomen der Ableitung.

Da

*) a. a. O. S. 15.

Da die gemeinste Erfahrung lehrt, dafs in dem gewöhnlichen Falle Fig. 8. die Contractionen desto schwächer sind, je kürzer die Strecke ist, welche der Nerv frei durch die Luft geht, so wäre es allerdings denkbar, dafs der, in Fig. 59. schon durch die Unterbindung geschwächte Nerv, durch die Umwickelung mit *cb* und mit dem Muskelfleische, den letzten Rest seiner Energie verlöre. Diese Analogie ist aber auf falschen Prämissen gegründet. So lange *ab* von einem isolirenden Medium, Luft, umgeben ist, so schwächt die Unterbindung den Effect keinesweges. Die Contractionen, welche die silberne Pincette erregt, sind gleich lebhaft, vor und nach Anlegung des Bandes. Wenn in Fig. 8. der Cruralnerv in dem aufgeschlitzten Muskel bis an den Zink eingehüllt wird, so werden die Bewegungen nur bei sehr matten Thieren ganz aufhören, bei lebhaftern allmälig abnehmen. Ganz anders verhält es sich im Fall der Unterbindung. Wenn die Organe auch auf dem höchsten Puncte der Erregbarkeit stehen, so verschwinden auf einmal alle Zuckungen, wenn (Fig. 59.) *cb* von einem leitenden Stoffe umgeben ist. Demnach mufs die Unterbindung noch einen verborgenen Einflufs auf die Wirksamkeit der Ableitung haben!

Auch habe ich dabei noch einen andern Umstand von Wichtigkeit bemerkt. Die Entfernung der Armatur vom Bande ist für den Erfolg der Reizung in gewissen Fällen nicht gleichgültig. Der zolllange Cruralnerv eines Wasserfrosches war mit einem Haare dicht am Insertionspuncte unterbunden. Lag die Ar-

matur am äuſserſten Ende des Nerven bei *a* (Fig. 61.), ſo war jede Art des Galvaniſirens unwirkſam. Schob ich dieſelbe hingegen nach *b* bis auf die Entfernung von 1½ Linien vom Bande *c*, heran, ſo war ich im Stande Contractionen zu erregen, wenn ich den Nerv oberhalb des Bandes, zwiſchen *b* und *c*, mit dem Conductor berührte. Ich glaubte, das Band habe vielleicht nachgelaſſen, und zog die Armatur wieder bis *a* zurück, aber nun blieb alles in Ruhe, wenn die Berührung auch gleich in den irritablen Organen unterhalb der Unterbindung im Schenkelmuskel geſchah. Sollte etwa das Nervenſtück *a b* ſeine Lebenskraft bereits verloren haben, und die Nähe der Armatur bei *c* darum nothwendig geworden ſeyn? Ich lieſs die Armatur unter *a* liegen, löſste das Band, und augenblicklich erfolgten die Galvaniſchen Erſcheinungen. In der Erregbarkeit von *a b* war die Urſach der Hemmung alſo nicht gegründet. Es ſchien vielmehr, als wenn die Armatur nahe am Bande mächtiger wirke und den Effect deſſelben aufhöbe. — So viel ich nachſuchen kann, iſt das Galvaniſiren oberhalb des Bandes noch keinem Phyſiker vor mir geglückt. Um ſo nothwendiger halte ich es, meine Verſuche zu wiederholen, und ich finde bei ſehr lebhaften Thieren fünf beſtätigende Fälle in meinen Tagebüchern aufgezeichnet.

Die Unterbindung der Arterie habe ich, wie Valli, *) ebenfalls verſucht, auch oft nach einer

*) *Experiments p.* 123. Pfaff a. a. O. S. 131.-134. 278 und 280. und das neue für die chemiſche Phyſiologie ſo reichhaltige Werk: *Medical extracts, Vol. I. p.* 349.

Stunde Schwächung, nach mehrern Stunden gänzliche Lähmung des Muskels, zu dem die Arterie führt, beobachtet. Doch scheint mir diese Art von Experimenten nur in einem entfernten Nexus mit den Erscheinungen des Galvanismus zu stehen. Sie zeigen, dass das arterielle Blut wesentliche Bestandtheile zur Unterhaltung desjenigen Processes herbeiführt, von dem (nach meiner Vermuthung) die Stimmung der Erregbarkeit allein abhängt. Sie begründen daher die allgemeine Theorie der Lebenskraft, nicht die particulären Gesetze des Galvanismus.

Der Streit über Unterbindung der Nerven und Arterien leitete mich sehr früh auf den Gedanken, die sensiblen Fibern gänzlich zu durchschneiden. Ich stellte die ersten glücklichen Versuche der Art im Frühjahre 1790 an. Dieser Gegenstand schien mir schon damals zur Prüfung dessen, was man bisher über die Natur eines Nervenfluidums, und über Regeneration der Nerven lehrte, sehr wichtig. Als ich zufällig, auf einem andern Wege, die Eigenschaft der thierischen Materie, in der Entfernung zu wirken, entdeckte, *) wurde meine Aufmerksamkeit noch mehr darauf geheftet. Ich freute mich nun, sinnlich darstellen zu können, was grosse Physiologen von der Existenz sensibler Wirkungskreise, aus theoretischen Gründen, ahndeten. Da diese Untersuchung sich auf Experimente gründet, welche neu **) und mir eigenthümlich sind, so werde ich keiner Rechtfertigung bedürfen, wenn ich dieselben

*) S. oben, am Ende des vierten Abschnitts.

**) Vergl. damit Herrn Pfaffs Versuche a. a. O. S. 35.

hier in ihrem ganzen Umfange entwickele. Eine vorläufige Anzeige davon ist in meinem ersten physiologischen Briefe an Herrn Blumenbach *) enthalten.

Wenn der Nerv eines Thieres der Länge nach zerfleischt wird, und auch nur ein einziges Fäserchen übrig bleibt, welches die Armatur mit dem Muskel verbindet, so zeigen sich die galvanischen Erscheinungen in eben der Stärke, als wenn der Nerv noch seinen unverletzten Durchmesser hätte. Stellt man sich, wie einige ältere, und leider! selbst neuere **) Zergliederer, einen Nerv als einen einfachen mit Mark gefüllten Schlauch vor, so muss jener Versuch allerdings wundersam scheinen. Weiss man hingegen, dass das, was wir Nerven nennen, ein sehr zusammengesetztes Organ, ein Aggregat (Bündel) vieler anastomosirenden Stränge ist, so ist die Möglichkeit, dass bei jenem Zerfleischen einzelne Stränge, oder Faden unzerstört bleiben, sehr denkbar. Herrn Reil's Entdeckungen ***) sind schon von dieser Seite für die pathologische Anatomie unendlich wichtig. Selbst im lebendigen Körper können sogenannte einfache Nerven mannichfaltig verlegt, unvollkommen zusammengeheilt seyn, ohne dass die wirkliche Muskelbewegung ge-

*) S. Gren's N. Journal, B. 2. S. 122.

**) Z. B. der anonyme Verfasser des Aufsatzes über Nervenkraft in Reil's Archiv für die Physiologie, B. 1. H. 2. S. 12.

***) S. dessen Abhandlung über den Bau des Hirns in Gren's N. Journ. B. 1. S. 109. und dessen *Exercitationes anat. de structura nervorum Fasc. I. Hal.* 1796.

schwächt ist. Auffallender *) ist der Einfluss dieser Verletzung auf die geminderte Energie der Arterien und Saugadern.

Grössere Feinheit der Präparation, sorgfältigere Behandlung, als das longitudinale Zerfleischen der Nerven, erfordert das Durchschneiden derselben nach dem kleinen Durchmesser. Schon aus dem Vorigen (S. Fig. 54.) ist bekannt, dass die Wirkungen des Galvanischen Reizes nicht gestört werden, wenn die beiden Enden eines zerschnittenen Nerven durch leitende Stoffe mit einander verbunden sind. Trennt man daher (Fig. 62.) das sensible Organ so unvorsichtig, dass, (indem *ab* und *cd* von einander entfernt werden,) aus den gegenüberstehenden Oeffnungen der Scheide Nervenmark herausgepresst wird, welches den Zwischenraum *bc* ausfüllt, so wird jede Verbindung des Muskels mit der Armatur allerdings Contractionen erregen, das Experiment selbst aber keineswegs das Daseyn eines sensiblen Wirkungskreises des Nerven erweisen. Nur durch sorgfältige Wiederholung solcher feinen Versuche kann man sich vor Selbsttäuschung sichern, und ob ich mir gleich schmeicheln darf, nicht ganz ungeübt in dieser Art von Sectionen zu seyn, so gestehe ich doch, dass mir noch gegenwärtig unter drei Durchschneidungen des Nerven gewiss eine missglückt.

Man nehme einen recht lebhaften, besonders einen aus dem Winterschlafe erweckten Wasserfrosch,

*) Vergl. hiemit Sömmering's Hirnlehre, §. 151. 191. und 193.

und präparire schnell den einen Cruralnerv, so lang als möglich, heraus. Diesen Nerv durchschneide man, indem man ihn mittels einer Pincette, über einer reinen, trocknen, allenfalls etwas abgewärmten Glastafel, in die Luft hält, etwa zwei Linien über seiner Insertion in den Schenkelmuskel, in zwei Stücke. Wenn der Schnitt vollendet ist, lasse man die Nervenenden ja nicht von selbst herabfallen, sondern unterstütze das eine mittels der Pincette, das andere mittels der Scheere, bis man sie auf der Glastafel $\frac{1}{4}$ oder 1 Linie weit von einander entfernt, in die Lage von *ab* und *cd* (Fig. 62.) gebracht hat. Es ist hierbei sehr wichtig, dafs beide Stücke, indem sie die Unterlage berühren, gleich unverrückt liegen bleiben, damit der Zwischenraum *bc* nicht mit einer leitenden Substanz ausgefüllt werde. Man kann auch den Nerv auf der Glastafel ruhen lassen, nur mufs dann der Schnitt sehr rasch und derb mit einem scharfen Secirmesser geschehen. Durch Zusammenziehung der Scheiden werden dann, besonders aus dem oberen Ende, genau wie es Prochasca abgebildet, Markkügelchen hervorgeprefst, welche, (wenn man die durchschnittenen Theile von einander entfernt,) eine Leitung von *b* nach *c* begründen würden. Um dies zu verhüten, mufs gleich nach dem Schnitte *ab*, sammt der Armatur, und *cd*, sammt dem daran hängenden Schenkel, in die, Fig. 62. gezeichnete Lage, auf eine andere frisch getrocknete Glastafel gelegt werden. Zu mehrerer Vorsicht kann man auch durch ein wenig Baumwolle, welche an einem Eisendrathe befestiget wird, den Zwischenraum *bc* ab-

trocknen. Doch muſs alsdann die Baumwolle ſelbſt ſehr trocken ſeyn, und weder *b* noch *c* darf berührt werden, weil man ſonſt unausbleiblich *b c* befeuchten wird.

Wenn bei recht lebhaften Organen dieſe Bedingungen recht ſchnell erfüllt werden, und beide Nervenſtücke $\frac{5}{4}$ Linien von einander entfernt liegen, ſo entſtehen Muskelbewegungen, indem die Armatur *M* durch einen heterogenen metalliſchen Leiter mit *cd*, oder auch ſelbſt mit *ab* verbunden wird. Dieſe Bewegungen erfolgen, *M* mag auch noch ſo weit von *b* entfernt ſeyn. Das obere Nervenende *a b* übt alſo noch, durch die Luftſchicht *b c* durch, ſeine Energie auf den getrennten Schenkelmuskel aus. Es iſt gar nicht nöthig, daſs die Mündungen *b* und *c* (wie bei einem Bündel von bloſs parallelen Canälen,) ſich gegenüberſtehen. Zu meinem Erſtaunen habe ich bemerkt, daſs die Contractionen ebenfalls eintreten, wenn c ſich der Seitenfläche des Nerven *a b* irgendwo (wie Fig. 63.) auf $\frac{5}{4}$ Linien Entfernung naht. Wie die Incitabilität der Organe abnimmt, ſo iſt die Berührung von *a b* nicht mehr hinlänglich zur Erregung von Muskularbewegungen, ſondern *c d* muſs ſelbſt mit *M* verbunden werden. Sinket die Reizempfänglichkeit noch mehr, ſo muſs das untere Nervenende *c* dem obern *b* näher gerückt werden, und der Abſtand *bc* wird nach und nach von $\frac{5}{4}$ Linien auf 0 reducirt. Dieſes allmälige Schwinden des ſenſiblen Wirkungskreiſes eines Nerven, iſt eine Erſcheinung, welche gewiſs zu den auffallendſten der belebten Natur gehört. Auch haben alle Phyſiologen,

welchen ich dieselbe, in und ausserhalb Deutschland zeigte, mir ihr gleichmäfsiges Erstaunen darüber geäusert. Das Maximum des Abstandes, in welchem der belebte Nerv aus der Entfernung wirkt, ist, so wie die Zeit, in der der sensible Wirkungskreis seinen Durchmesser auf o zusammenzieht, nach der individuellen Erregbarkeit des Organs, mit dem man experimentirt, verschieden. Geschieht die Präparation langsam, und ist das Thier weniger lebhaft gewesen, so darf *bc* oft kaum $\frac{1}{2}$ Linie betragen. Ueber $\frac{1}{4}$ einer Pariser Linie habe ich die Weite des Wirkungskreises nie gefunden, so wie die Reizung aus der Entfernung mir nie über 5 — 8 Minuten dauerte. Zur Erregung der Contractionen ist es gar nicht unbedingt nothwendig, dass *ab* und *cd* Theile eines Nerven sind. Der Versuch ist mir häufig geglückt, wenn *ab* vom rechten, *cd* vom linken Cruralnerv desselben, oder eines gleichartigen Wasserfrosches waren. Ich habe die Nervenstücke der Rana esculenta und der Kröte (Rana-Bufo), die der Rana temporaria und Lacerta agilis gegenüber gelegt, und das Galvanisiren ist vollkommen geglückt. Bei kalt- und warmblütigen Thieren, z. B. wenn *cd* von dem Cruralnerv einer Hausmaus und *ab* von dem eines Wasserfrosches war, konnte ich keine Contractionen erregen. Habe ich diese Versuche nicht oft genug wiederholt, die Theile nicht schnell und fein genug präparirt, oder ist, was aus dem Nerven einer Amphibie durch die Luft ausströmt, nur specifiker Reiz für die Amphibie, nicht für die Muskel warmblütiger Thiere? Im Ganzen

scheint aus den mannichfaltigen Versuchen, welche ich in meinen Tagebüchern aufgezeichnet habe, zu folgen, dass die Weite des Wirkungskreises allein von dem obern Nervenstücke *a b* abhängt. Zwar habe ich gesehen, dass die schon gänzlich verschwundenen Muskularbewegungen wieder entstanden, als bei einem wohl eine Viertelstunde lang entblöfst gelegenen Schenkelnerven, das Stück *c d* allein mit einem andern frisch präparirten verwechselt ward. Aus diesem Experimente scheint mir nur zu folgen, dass zwar ein Nerv vielleicht stundenlang eine reizende Atmosphäre um sich verbreitet, dass aber nur die erregbarsten Organe reizempfänglich genug für einen so unendlich feinen Stimulus sind. Ich habe versucht, wenn *c d* (Fig. 62.) in der Entfernung von $\frac{1}{4}$ Linie keine Contractionen erlitt, dieselben dadurch wieder herzustellen, dass ich *a b* mit excitirenden Flüssigkeiten, z. B. mit oleum tartari per del.) mit oxygenirter Kochsalzsäure, mit Moschus-extract benetzte. Ich glaubte dadurch den sensiblen Wirkungskreis des Organs wieder, bis *c* hin, zu erweitern — aber umsonst. Die Fälle, wo Contractionen erfolgten, liessen den Verdacht zurück, dass der Abstand *b c* von den reizenden Mitteln benetzt worden sey. Dagegen gelang es mir, die Zuckungen dadurch wieder herzustellen, dass ich blofs *c d* mit oxygenirter Kochsalzsäure befeuchtete und seine Erregbarkeit erhöhte. Bei den Nerven warmblütiger Thiere, bei welchen die Lebenskraft so unaufhaltsam schnell hinschwindet, ist der Versuch des Durchschneidens sehr schwierig anzustellen.

Bei Vögeln ist er mir nie, wohl aber bei Mäusen, Ratten, einem Lamme und mehreren Kaninchen geglückt. Ich fand den Wirkungskreis dann meist nur auf ½ Linie und weniger eingeschränkt.

Wenn man bei sehr reizbaren Organen die Nervenenden *a b* und *c d* durch untergelegte Glasröhren dergestalt erhöht, dass ihre Mündungen *b* und *c* ¼ Linien weit auseinander in freier Luft stehen, so setze man (Fig. 63.) eine dünne Glasscheibe *e f* dergestalt zwischen dieselben, dass sie weder *b* noch *c* berührt. Wenn die Muskelbewegungen vorher durch Verbindung von *M* und *d* eintraten, so werden sie nun augenblicklich verschwinden. Ich stelle sie wieder her, sobald ich die Scheidewand wegrücke, oder die von Glas mit einer von Metall vertausche. Ich bleibe hier bei der Anführung dieses einfachen Factums stehen, welches für die Untersuchung der Natur dieser Ausströmung gewiss sehr wichtig ist.

Aus dem Vorhergehenden folgt demnach, dass man sich um jeden Nerv *m* (Fig. 64.), wie um einen magnetischen Stab, eine punctirte Linie *a b c d* denken kann, welche den sensiblen und reizenden Wirkungskreis desselben bezeichnet. *) Wenn ein anderes

*) Ich bin nach einzelnen Versuchen, die ich an verschiedenen Thieren angestellt, überzeugt, dass die Grösse der reizenden und sensiblen Atmosphäre nicht nur bei den Nerven verschiedener Thiere, sondern auch bei einem Nerven zu verschiedenen Zeiten, und besonders bei verschiedenen Nerven eines Individuums variirt. Wie viel bleibt hier zu entdecken übrig!

Nervenstück *n* innerhalb dieser Grenzen tritt, so kann *m* seine Energie darauf ausüben. Dieser Effect nimmt aber mit schwindender Lebenskraft ab, und der reizende Wirkungskreis *a b c d* wird allmälig in die engern Grenzen *e f* zusammengezogen. — Ich versprach am Schlusse des vierten Abschnittes, als ich den Versuch Fig. 37. entwickelte, neue Thatsachen nachzutragen, welche die Eigenschaft der thierischen Materie aus der Entfernung, das heisst, durch nicht cohaerirende Theile zu wirken, in ihrem ganzen Lichte darstellen würden. Durch die hier beschriebenen Experimente mit durchschnittenen Nerven glaube ich jenem Versprechen genügt zu haben.

Die Art, wie ich dieselben angestellt, müssen mich, wie ich mir schmeichle, vor dem Verdachte der Selbsttäuschung, vor dem Verdachte, als liesse sich der Fall (Fig. 62.) auf den Fig. 54. reduciren, vollkommen sichern. Allerdings muss aus dem Nervenende *b* irgend etwas nach *c* überströmen, was das Medium jener Kraftäusserung ist. Aber dies Medium ist von der Medulla selbst sehr verschieden. Es ist keine tropfbare Flüssigkeit, denn sonst müssten die Contractionen ausbleiben, wenn *ab* und *c d* durch Glasröhren über die unten liegende Fläche unterstützt, mit ihren Nervenenden in die freie Luft erhoben worden; sonst würde *c d* sich nicht so regelmässig, nach und nach, dem *a b* nähern müssen. Dieses allmälige Verengen des sensiblen Wirkungskreises, welches im Falle Fig. 54. und hier beim Durchschneiden des Nerven beobachtet wird,

ist gerade das, was dieses Phänomen als eine unmittelbare Wirkung der Lebenskraft vor allen Wirkungen der todten Leitungskraft so merklich auszeichnet. Ja! ich habe Fälle beobachtet, wo beide Nervenstücke (Fig. 62.) auf einer Glastafel lagen, und mit abnehmender Nervenkraft *c d* in einer Entfernung von $\frac{5}{4}$ Pariser Linien, der Influenz von *a b* nicht mehr gehorchten, und wo ein Wassertropfen, den ich zwischen die Mündungen *b* und *c* fallen liess, um jenen Zwischenraum auszufüllen, die Communication nicht herstellte! Der ganze Apparat wurde auf eine neue trockne Glasplatte gelegt, und nun entstanden sogleich Muskular-Contractionen, wenn die Entfernung *b c* nur $\frac{1}{2}$ Linie betrug. In diesen Fällen wirkte also die unsichtbare reizende Atmosphäre des Nerven stärker, als die Zuleitung durch Wasser. Was aus *a b* ausströmt, scheint auch nicht die Natur einer gewöhnlichen Gasart zu haben. Wenigstens streiten die Versuche mit der Glastafel, oder Metallplatte *e f* zwischen *b* und *c* gegen unsere bisherigen Vorstellungen von Gasarten. Es kommt eher mit den Wirkungen des strahlenden Wärmestoffs, der Materie des Lichts, oder des magnetischen und elektrischen Fluidums überein.

Diese Entdeckung, dass die belebte sensible Fiber eine Kraft besitzt, aus der Entfernung zu wirken, oder eine reizende Atmosphäre um sich zu verbreiten, scheint mir von grosser Wichtigkeit für die physiologische und pathologische Erklärung mancher Erscheinungen des thierischen Körpers. Erfahrne Zergliederer werden zahlreiche

Anwendungen von selbst machen. Ich begnüge mich daher nur, an die Phänomene des Gefühls und Geschmacks, an die Regeneration der Nerven und einige sympathetische Wirkungen näher zu erinnern.

1) Die Beobachtung, dass diejenigen Theile des thierischen Körpers, welche von Nerven entblösst sind, keine Empfindung erregen, hat viele Anatomen zu dem Schlusse verleitet, dass überall, wo Empfindung ist, auch sensible Fibern, und zwar deren um so mehr als das Organ empfindlicher ist, vorhanden seyn müssen. So richtig auch die einfache Umkehrung eines allgemein verneinenden Urtheils ist, zu so vielen Irrthümern verleitet eine unlogische Extension derselben. Die Reizempfänglichkeit eines Nerven kann von der eines andern, bei strenger Uebereinstimmung der äussern Organisation, merklich verschieden, und ein Theil, zu dem nur wenige dünne Nervenfäden gehen, wegen der eigenthümlichen Energie*) derselben, empfindlicher als ein anderer seyn, in den mehrere dickere Nervenstränge verflochten sind. Wir sehen, besonders in pathologischen Fällen, bald dieses, bald jenes Organ sensibler werden, ohne dass darum neue Nervenäste entstehen, oder verschwinden. Wenn ferner überall Nervenfasern getroffen werden sollen, wo die Berührung eines Theils Empfindungen erregt, so müsste die Haut ein undurchdringliches Gewebe

*) Sollte daher der Satz, den Herr Hildebrandt (Lehrbuch der Phys. S. 40.) aufstellt: „der Grad der Empfindlichkeit verhält sich bei jedem Theile, wie die „Quantität des Nervenmarks, welches er enthält," unbedingt richtig seyn?

von nervis cutaneis seyn. Auch haben, nach Haller, neuere Schriftsteller *) wirklich noch ein solches Gewebe angenommen, und, da Porterfield **) eine sensible Faser der Netzhaut 116400 mal kleiner, als ein Menschenhaar gefunden hatte, so hielt man sehr inconsequent eine solche Verästelung aller Nerven für wahrscheinlich. Der vortrefliche Isenflamm ***) hat sich ein besonderes Verdienst dadurch erworben, das Unbegreifliche dieser Vorstellungsart in ein helleres Licht zu setzen. Er glaubte den Knoten dadurch zu lösen, dafs er in jedem Puncte der Haut, zwar nicht Nervenfasern, wohl aber die markige Substanz einzelner Nerven, welche in das schleimige und netzförmige Gewebe sich ergösse und gleichmäfsig vertheilte, annahm. Es scheint, als wenn die Analogie mit dem Sehnerven und der portio mollis des siebenten Paars ihn auf diese Idee geleitet hat. Setzt dieselbe nicht ebenfalls eine continuirte Marklamelle in der Haut voraus, oder mufs die Haut vielmehr diese Lamelle nicht selbst seyn? Neuere Physiologen wichen theils der Untersuchung des Problems vorsichtig aus, theils schienen sie der Isenflammschen Hypothese zu folgen, bis Herr Reil †) mit seiner

*) Ausdrücklich in *Medical extracts, Vol. I. p. XVIII.* Vergl. Haller's Anfangsgr. der Physiologie, B. IV. S. 639.

**) *Treat. on the eye, T. II. p.* 64.

***) Versuch einiger praktischen Anmerkungen über die Nerven, 1774. S. 62.

†) Gren's N. Journal, B. 1. S. 113. und Arch. für Physiologie, B. 1. H. 1. S. 89.

Theorie von einer fenfiblen Atmosphäre um den Nerven hervortrat. Diefe entledigt gleichfam den Anatomen des mühevollen Gefchäfts, Organe zu entdecken oder hin zu zaubern, wo fie der Phyfiologe zu feinen Erklärungen bedarf. Sie macht es begreiflich, wie ein Membran, welches auf der Fläche von vier Quadratlinien nur durch einen Nerven fenkrecht durchbohrt ift, doch mittels diefes einzigen Nerven in jedem nahen, oder fernen Puncte, empfindlich feyn kann. Das Empfindliche in der menfchlichen Bildung ift nemlich das Seelenorgan allein, und der Nerv (fammt dem Wirkungskreife, den er verbreitet,) ift das Medium zwifchen dem Seelenorgan und den einwirkenden reizenden Objecten der äufsern Sinnenwelt.

Eine Note in dem berufenen Syftem der Heilkunde des John Brown *) belehrt mich, dafs, fchon lange vor Herrn Reil, die Vermuthung über eine fenfible Atmosphäre der Nerven (zum gröfsten Aergernifs der Brownianer) in Edinburg öffentlich vorgetragen wurde. Was aber bis dahin nur Vermuthung feyn dürfte, glaube ich jetzt durch die Verfuche Fig. 62. 63. und 64. finnlich erwiefen zu haben. Wir fehen, dafs man durch feine Präparation der Organe fogar im Stande ift, den Durchmeffer jener Wirkungskreise zu meffen. Wir fehen, dafs diefe Durchmeffer nach Verfchiedenheit des

*) Ueberfetzt von Pfaff 1796. S. 149. o. „man liefs „fogar ein elaftifches Fluidum, eine Atmosphäre um die „Nerven bilden, und erklärte damit die Verrichtung „lebender Syfteme."

Grades der Erregbarkeit ſich vergröſsern, oder verkleinern. Herr Scarpa, welcher auf dieſe Verſuche die ſchmeichelhafteſte Aufmerkſamkeit heftete, erinnerte mich bei jener Erzählung vorzüglich an die wunderbar gebildeten Zungenwärzchen (papillae guſtatoriae), deren groſser Abſtand von einander ihn längſt in Erſtaunen geſetzt. Wenn bloſs die unmittelbare Berührung derſelben die Geſchmacksempfindung auf den ramus lingualis des dritten Hauptaſts vom fünften Paar fortpflanzte, ſo müſste allerdings (trotz der pinſelartigen Verbreitung ſo vieler Nervenfäden in die Wärzchen,) der durch ſo wenige ſenſible Puncte erregte Geſchmack ſehr ſchwach ſeyn. Verbreitet aber jedes kegelförmige, faſt aſterienartige *) Wärzchen einen ſenſiblen Wirkungskreis um ſich her, ſo iſt leicht einzuſehen, wie eben dadurch die Zahl der wirkſamen Berührungspuncte vermehrt werden kann. Den Einfluſs abgerechnet, welchen der aus den eigenen Schleimbälgen ſecernirte Schleim auf die Schärfe, oder Stumpfheit des Geſchmacks haben muſs, läſst ſich dieſer Unterſchied auch aus dem Verſuche Fig. 64. ſelbſt herleiten. In Zeiten, wo der ſenſible Wirkungskreis, den jedes Zungenwärzchen den reizenden Stoffen darbietet, ſehr groſs iſt, müſſen dieſelben einen lebhaftern Eindruck auf den Zungennerven machen.

*) So ſcheint es in den herrlichen Präparaten, welche Herr Scarpa zu ſeiner Schrift über das Geſchmacksorgan, an der er arbeitet, benutzt. Die Sammlung, welche der groſse Mann für das Wilſonſche Mikroſkop bereitet hat, iſt ein ſchönes Denkmal ſeines Scharfblicks.

machen. In Zeiten, wo bei geringer Energie des Nervensystems die Atmosphäre einen kleineren Durchmesser hat, ist der wirksame Contact geringer, und also der Geschmack stumpfer. Eben diese Erklärungsart läfst sich auf mehrere Zungen anwenden, die bei verschiedener Reizempfänglichkeit doch mit einer gleichen Anzahl von Wärzchen besetzt sind; eben diese Erklärungsart auf die Papillen der Fingerspitzen und der ganzen übrigen Haut.

Ernsthafte Beobachter reden von Erfahrungen, nach welchen bisweilen eine Empfindung von der Existenz eines nahen Körpers erregt wird, ehe die Berührung selbst geschieht. Ich weifs nicht, ob dieses Problem durch das Gefühl einer veränderten Temperatur, durch den aus nahen Körpern ausströmenden Wärmestoff hinlänglich aufgelöset werden kann. Der Versuch Fig. 64. zeigt aber die Möglichkeit, dafs ein Nerv, dessen sensible Atmosphäre sich nach allen Seiten erstreckt, ohne berührt zu werden, Eindrücke empfangen und fortpflanzen kann. Der Huntersche Blitzversuch scheint dies zu bestätigen, da die Erleuchtung, (wie man in England ausdrücklich bemerkt hat,) bisweilen schon eintritt, wenn das eine Metall und die Zunge noch nicht im Contact, sondern eine Linie weit von einander entfernt sind. Auch an die Möglichkeit der sogenannten Magnetischen Curen, bei denen die blofse Nähe der Hand, (ohne allen Magnet) Wärme und Reiz in entblofsten Theilen hervorbringen soll, möchte ich hier erinnern, wenn man in dem aufgeklärten Deutschlande den Glauben an jene Möglichkeit

äufsern dürfte, ohne nicht selbst für nervenkrank oder exaltirt gehalten zu werden. Bequemer ist es freilich, Facta zu leugnen, als sie zu untersuchen, oder durch Gegenversuche zu widerlegen. *)

2) Bleiben, bei Durchschneidung eines Nerven in chirurgischen Fällen, die Enden desselben nach der Trennung innerhalb ihres gemeinschaftlichen Wirkungskreises, so könnte allerdings, nach Analogie der Versuche 62 — 64, die Willenskraft fortfahren, den zu dem getrennten Nerven gehörigen Muskel zu Bewegungen zu reizen. Dieselben Erfahrungen, nach denen wir die Möglichkeit dieser Reizung einsehen, erklären uns aber zugleich auch, warum sie in der menschlichen Organisation nie statt habe. Bei der Operation selbst werden die Nervenenden meist übermäfsig von einander entfernt, und es ist unmöglich, sie während der Heilung so zu behandeln, als Froschnerven auf einer reinen und trockenen Glastafel. Durch den Schnitt wird der verwundete Nerv geschwächt, und diese Schwäche verkleinert seinen Wirkungskreis noch mehr. Endlich liegt das grofse Hindernifs bei Fortpflanzung der Nervenkraft in der Vernarbung der Enden, welche aber freilich nicht immer eintritt. Denn bei kaltblütigen Thieren bleibt sogar der Theil unter dem Schnitte, oder das mit dem Seelenorgan gar nicht cohärirende Nervenstück Jahrelang frisch,

*) Ein nachahmungswürdiges Muster einer solchen gründlichen und bescheidenen Widerlegung hat Herr Kühn in seiner kleinen Schrift: Ueber die Wunderhand des Grafen von Thun, Leipzig 1794. gegeben.

rund, wohlgenährt und unvernarbt. Monro *) hat hierüber am ischiadischen Nerven merkwürdige Versuche angestellt.

Wenn man diese Beobachtungen über die empfindenden und reizenden Wirkungskreise der Nerven mit dem vergleicht, was ich oben (am Ende des sechsten Abschnitts) über die Phänomene der Zuleitung und das daraus erklärbare Sensibelwerden kranker Theile vorgetragen; so finden wir jetzt eine zweifache Art, wie Eindrücke, welche nicht unmittelbar den Nerven treffen, sondern nur in seiner Nähe geschahen, doch zu dem Seelenorgan fortgepflanzt werden können. Diese Erklärungen gründen sich nicht auf speculative Möglichkeiten, sondern auf die einfachen Analogien wirklicher Erfahrungen. Wenn das Ende eines Nerven von nicht leitenden Stoffen, wie in den Knochen, oder Luftzellen, umgeben ist, so wirkt er aus der Entfernung durch seine Atmosphäre allein. Kommt der Nerv mit leitenden Stoffen, mit Lymphe, Blut, oder Zellstoff in Berührung, so erhöht diese Atmosphäre die Leitungskraft der zunächst an ihn grenzenden Theile. Wenn Fig. 62. beide *x* und *y* Puncte eines leitenden Membran sind, so wird der Stimulus auf *x* angewandt, heftiger reizen, als in *y*, — nicht, weil *x* seiner chemischen Mischung wegen, ein vollkommnerer Leiter, als *y* ist, sondern, weil *x* innerhalb, *y* ausserhalb des sensiblen Wirkungskreises des Nerven *a b* liegt. Ist demnach der Theil, von

*) Bemerk. über Structur und Verrichtung des Nervensystems, 1787. S. 21 und 25.

welchem die Empfindung ausgeht, oder das Organ, auf welches der Nerv seine reizende Energie activ ausübt, um *by* von *b*, entfernt, so wirkt die zuleitende Kraft des Mediums allein. Dieser letztere Fall, den der Versuch Fig. 54. erläutert, steht, wie mich dünkt, in naher Verbindung mit der so wunderbar scheinenden Regeneration der Nerven. Die vortrefflichen Erfahrungen, welche Herr Arnemann *) gesammelt, zeigen unwidersprechlich, dass, wenn ganze Nervenstücke ausgeschnitten werden, die übrigen beiden Enden sich durch Zellstoff, der aus gerinnbarer Lymphe neu erzeugt wird, wieder vereinigen, und dass nach dieser Vereinigung die willkührliche Muskelbewegung, oder Spannkraft, (nicht aber die Empfindung?) wieder eintritt. Wäre der Zellstoff eine isolirende Substanz, so würde sich die Energie des obern mit dem Seelenorgan noch cohärirenden Nervenstückes gewiss nicht auf das untere fortpflanzen.

Ich rede keck von der Regeneration der Nerven, obgleich berühmte Zergliederer sie geradehin läugnen. Eine Verlängerung durch Zellstoff ist allerdings nicht Wiedererzeugung zu nennen. Der grosse Mainzer Anatom führt **) ausdrücklich an, dass das reproducirte Stück nie das charakteristische (gebänderte) Ansehen der übrigen Nerven erhielte. Ich wage es, diesem Satze zu widersprechen. Wenn auch in zahlreichen Versuchen jenes charakteristische

*) Versuch über Regeneration der Nerven, B. I. Cap. 3. und 5.

**) Sömmering's Hirnlehre, §. 179.

Kennzeichen fehlte, so beweisen doch wenige, unter günstigern Verhältnissen angestellte Erfahrungen hinlänglich, dass der Natur auch diese Reproduction möglich sey. Ich erinnere hier an die Präparate, welche Felice Fontana *) besitzt, und in denen sich, (wie in denen von Cruikshank,) grosse wiedererzeugte, durchgehends spiralförmig gebänderte Stücke des Intercostalnerven deutlichst zeigen. Ein gelingender Versuch beweist mehr, als viele nicht glückende Versuche.

Sollte die grössere Erregbarkeit der magern, und das träge Phlegma der fetten Menschen nicht mit **) davon herrühren, dass bei jenen die Nerven freier, bei diesen von zähem fetten Oele umflossen sind? Allerdings ist das, im lockern Zellgewebe angehäufte, Fett immer mit einer serösen leitenden Feuchtigkeit gemengt. Dass aber das Ganze des Gemenges um so isolirender seyn muss, je mehr ölige Theile darin enthalten sind, ist nach obigen

*) Ueber die Sorgfalt, mit welcher diese Reproductionsversuche angestellt wurden, s. Abhandlung über das Viperngift, 1787. S. 355. Vergl. hiemit William Cruikshank in *Philos. Transact. for* 1795, *P.* 1. *p.* 177. und John Haighton *l. c. p.* 190. übersetzt in Reil's Archiv der Physiologie, B. 2 H. 1. S. 57. und 71. Herr Haighton würde sich den problematischen Ausgang mancher seiner Versuche leicht haben erklären können, wenn er mit dem sensiblen Wirkungskreise der Nerven und der Leitungskraft des Zellstoffs bekannt gewesen wäre.

**) Ich sage bedächtig: mit davon herrühren; denn die Hauptursache liegt wohl in der Sömmeringschen Entdeckung der relativen Grösse des Hirns. Vom Bau des menschlichen Körpers, Th. V. §. 96.

Erfahrungen wohl sehr wahrscheinlich. Bei feisten Körpern muſs also die Zuleitung des empfangenen Eindrucks auf den Nerven schwächer, die Reizung mehr auf den sensiblen Wirkungskreis selbst eingeschränkt seyn, als bei magern. — Wenn man bedenkt, wie wichtig die allgemeine Receptivität des Menschen für sinnliche Eindrücke, seiner intellectuellen Bildung, der ganzen Bestimmung seines Charakters ist, so wird man es der Mühe nicht unwerth finden, die ganze Summe kleiner Ursachen, welche eine so groſse Wirkung hervorbringen, sorgfältig aufzusuchen.

Bei so mannichfaltigen Beweisen für die Atmosphäre der Nerven mag es wundersam scheinen, warum es noch nie geglückt ist, einen entblöſsten Nerven dadurch wirksam zu reizen, daſs man (Fig. 64.) ohne ihn selbst zu berühren, mit einer Lanzette in den Raum *abcd* sticht. Diese Schwierigkeit ist leicht gehoben, wenn man bedenkt, daſs die Wirksamkeit des Reizes uns nur an zwei Kriterien, an erfolgter Muskelbewegung, oder Rührung des sensiblen Seelenorgans, bemerkbar werden kann. Nun muſs ein mechanischer Stimulus schon sehr heftig seyn, um Zuckungen hervorzubringen, und die Erschütterung des feinen Stoffes, den wir uns innerhalb der Grenze *abcd* vorstellen, kann wohl nicht so wirksam seyn, um im Muskel eine für uns bemerkbare Contraction zu erwecken. Die nicht bemerkte Zuckung beweist also nicht sowohl gegen das Daseyn der Atmosphäre, als für die unschickliche Application des Reizes. Ob endlich dabei eine Empfindung

erregt werde, das ist etwas subjectives, worüber wohl schwerlich ein genauer Versuch anzustellen seyn möchte, da Verwundungen immer ein gleichzeitiges verworrenes Gemisch schmerzhafter Sensationen erregen.

3) Eine grofse Anzahl sympathetischer Erscheinungen in dem Nervensysteme mag sich ebenfalls auf der Wirkung der sensiblen Atmosphären und der Zuleitung gründen. Die meisten lassen sich freilich auf Anastomosen der Nervenfäden (wie bei den wichtigen Intercostal-Antlitz- und Stimmnerven, oder den drei dädälisch gewundenen Aesten des fünften Paars) zurückführen. Aber, wie manche bleiben noch zu erklären übrig, wo die Verästelung fehlt, und man zur Nähe der Nervenursprünge im Gehirne und zur Reaction dieses Seelenorgans seine Zuflucht nimmt? *) Ohne diese Reaction zu läugnen, kann die Mitleidenschaft oft nur darauf beruhen, dafs ein Nervenfaden in der sensiblen Atmosphäre des anderen liegt, oder dafs wirklicher Contact, wie beim Opticus und den Ciliarnervchen, durch Zuleitung den Eindruck fortpflanzt. In einer so feinen Materie wäre es unvorsichtig, apodiktisch zu entscheiden.

Ueberaus merkwürdig und charakteristisch für die Natur der belebten Nerv- und Muskelfaser ist es, dafs alle diese Wirkungen aus der Entfernung, beim

*) Vergl. Sprengel's Handbuch der Pathologie, Th. 1. S. 65. Ein Werk, das, nebst seiner Geschichte der Medizin, zu den wenigen gehört, auf welche unser Vaterland stolz seyn darf.

galvanischen Versuche, nur unter den thierischen Organen selbst, und nie, nie unter zwei Metallen oder andern unbelebten Gliedern der Kette eintreten. Der Fall Fig. 37. macht keine Ausnahme hievon, da in demselben Muskelfleisch und Metall aufeinander wirkten. Dagegen habe ich (Fig. 8.) das Nervenende *a* auf einer Glasplatte so nahe an den Zink herangerückt, daſs sein Abstand von demselben unter der Lupe betrachtet, gewiſs kaum $\frac{1}{64}$ einer pariser Linie betrug, aber nie durch Application von *r* oder *s* eine Contraction erregen können. Eben so bleiben dieselben aus, wenn in Fig. 62. das Metallplättchen *ef* nicht frei, mitten in der sensiblen Atmosphäre stand, sondern *b* berührte, und so gleichsam die Mündung des obern Nervenstückes verdeckte. Auch in Fig. 48. hindert der kleinste Zwischenraum zwischen den beiden metallenen Muskelleitern, *b* und *c*, den Effect des Galvanischen Reizes. Wenn demnach die Erfahrung lehrt, daſs Metall auf Metall nie, ein thierischer Stoff auf ein Metall in einigen Fällen, und Nerv und Nerv häufig aus der Entfernung auf einander wirken, bedarf es (nach dem Erzählten) eines Beweises mehr, um zu zeigen, daſs diese Wirkung im Verkehr mit der Lebenskraft selbst steht?

Noch bleibt der letzte auffallende Versuch über die irritablen und sensiblen Atmosphären übrig, dessen ich ebenfalls schon früher an einem andern Orte gedacht habe. *). Die Veranlassung dazu war folgende. Ich vermuthete, nach einer selbst geschmie-

*) Gren's Neues Journ. der Physik, B. 2. S. 123.

deten albernen Hypothese, dafs $+ E$, wenn es durch heterogene Metalle, oder von einem Metalle in einen thierischen Stoff übergehe, in $- E$ verwandelt werde, dafs $\pm E$ beim Uebergange durch homogene Stoffe $\pm E$ bleibe. Hieraus liefs sich manche Galvanische Erscheinung erklären. Um nach dieser Hypothese zu experimentiren, umwickelte ich (Fig. 65.) den einen Schenkel *b* der silbernen Pincette mit frischem Muskelfleische, in der Absicht, indem *c* auf dem Zinke aufstand, den Nerv durch *b* zu berühren. Ehe ich aber diese Absicht erfüllen konnte, kam ich zufallig mit *b* dem sehr lebhaften Froschschenkel nahe. Ich war mir bewufst, denselben nicht berührt zu haben, und dennoch erfolgte eine lebhafte Zuckung. Ich wiederholte erstaunt den Versuch, war volle $\frac{3}{4}$ Linien weit vom Muskel *P* entfernt, aber seine Erschütterung blieb nicht aus. Wenn *b* an 2 bis 3 Linien vom reizbaren Organe abstand, so erfolgte keine Reizung. Demnach bewirkte der blofse Contact der heterogenen Metalle in *a* und *e* dieselbe nicht, und der Versuch Fig. 65. ist keinesweges auf meinen früher erzählten (aber weit später gemachten) ohne Kette Fig. 9. zu reduciren. Je mehr die Erregbarkeit von *P* abnahm, desto näher mufste der Abstand *b P* seyn. Nach 4 bis 5 Minuten war der irritable Wirkungskreis der thierischen Materie ganz verschwunden, und *b* mufste im Contact mit *P* stehen, um eine Contraction hervorzubringen. Beim Muskelfleische scheint das Phänomen der Atmosphären weit seltner bemerkbar, als beim zerschnittenen Nerven zu seyn. Bis zum Junius des verflossenen

Jahres hatte ich nur zwei Fälle beobachtet. Seit meiner Rückkunft aus Italien sind mir aber drei andere vorgekommen. Sie gaben ganz ähnliche Resultate. Der Wirkungskreis war indefs bisweilen auf 1 — $\frac{1}{4}$ Linien erweitert und eine Glasplatte zwischen *b* und *P* hemmte (wie *c f* Fig. 62.) den Effect der Reizung. Eben diefs that meist die Entblöfsung des silbernen Schenkels *b*. Ich kann nicht ohne ein besonderes Wohlgefallen an diese Experimente zurück denken. Man glaubte den Schenkel angeweht zu sehen, wenn *b* seiner Länge nach, in einigem Abstande, über ihn hinfuhr. Hier verschwindet jeder Verdacht, dafs irgend eine tropfbare Flüssigkeit den Luftraum *b P* füllen und *b* und *P* in Berührung bringen kann. Die Kette ist allerdings geschlossen, aber durch die unbekannte Ausströmung des belebten thierischen Stoffes!

Achter Abschnitt.

Der galvanisirte Muskel muss organisch mit einem Nerven verbunden seyn. — Erwärmung der Excitatoren. — Wells Versuche über die Reibung. — Excitationskraft kann durch einmalige Berührung mitgetheilt werden. — Medium, in welchem galvanisirt wird. — Versuche in sieben Gasarten, im luftleeren und luftverdichteten Raume, in tropfbaren Flüssigkeiten. — Galvanische Erscheinungen an Pflanzen. — Blick auf den innern Bau derselben. — Wo ist die sensible Fiber in den Vegetabilien zu suchen? — Würmer. — Ueber Nerven der Conchilien, *Hirudo, Lumbricus*, und *Sepia*-Arten. — Anatomie der kleinen Wasserbewohner. — Versuche mit Naiden, Lernäen, Tänien und Ascarisarten. — Zoonomische Betrachtungen. — Insecten und ihre Nerven. — Fische.

Zur Hervorbringung Galvanischer Erscheinungen ist es unbedingt nothwendig, dass der Nerv, welcher einen Muskel zur Contraction reizen soll, organisch mit demselben verbunden sey. Weit davon entfernt, wie die Boerhavische Schule *) den Muskel selbst für Fortsetzung der sensiblen Fiber zu halten, so sehen wir doch beide Organe in einem so innigen Nexus miteinander stehen, dass die thierischen Bewegungen gewiss eben so wenig die Wirkung des einen, als die Flamme die Wirkung der Lebensluft

*) *Marherr Praelect. in Instit. physiolog. Boerh. T. 2. p. 614.*

allein zu nennen ist. Zwar hat die Analogie des galvanischen und elektrischen Fluidums auch hier zu übereilten Schlüssen verleitet. Wenn ein Nerv aus einem Muskel ausgeschnitten, und wieder mit ihm in Berührung gebracht wird, so kann ein Schlag der Kleistischen Flasche allerdings den Muskel erschüttern. Dies ist aber bloss Folge der Hallerschen Irritabilität, und es ist gleichgültig, ob man den Schlag durch das Nervenstück, oder ein Metall in die irritable Fiber leitet. Beim Galvanischen Versuche wird die Muskelerschütterung aber durch die alleinige Reaction des gereizten Nerven hervorgebracht. Wenn man den armirten Cruralnerven eines auch noch so lebhaften Frosches recht tief ausschneidet und ihn sorgfältig an eine Stelle des Schenkelmuskels legt, wo kein Nervenast selbst durch die Lupe zu beobachten ist, so entsteht nie eine Contraction, man mag Nerv und Zink, oder Schenkel und Zink durch Silber miteinander verbinden. Geschieht dies Experiment weniger sorgfältig, *) so erfolgen allerdings bisweilen Muskelbewegungen. Der Grund derselben liegt aber, wie ich oftmals gefunden, darin, dass der ausgeschnittene Nerv an einen feinen, noch mit Muskelfasern organisch verbundenen Nerven zufällig anliegt. Jener wirkt alsdann durch Zuleitung auf diesen, und der ganze Versuch ist mit dem Fig. 47. in welchem der Nerv mittelbar armirt ist, völlig übereinstimmend. Ein kenntnissvoller junger Wundarzt bei der deutschen Rheinarmee, dessen

*) Vergl. *Reil de irritabilitate, p.* 43.

Name mir leider entfallen ist, erzählte mir im Hauptquartier zu Munzernheim, unter mehrern merkwürdigen Experimenten, dieselbe Beobachtung angestellt zu haben.

Ich habe bereits oben (gegen Valli) angezeigt, dass idioelektrische Körper, als: Glas, Bernstein und Siegellack, wenn sie auch noch so dünn sind, durch die Glühhitze nicht leitend für den Galvanischen Reiz werden. Weit wirksamer finde ich die Anhäufung des Wärmestoffs, in den sogenannten Excitatoren, d. i. in den metallischen Armaturen.

Die Herren Fowler und Pfaff *) behaupten zwar, dass Metalle bei einer hohen Temperatur eben so wirkten, als bei einer niedrigern. Wiederholte Versuche haben mich aber belehrt, dass dies nur bei der Glühhitze der Fall ist, nicht aber bei einer leisen Erwärmung, welche die Verdampfung befördert. Diese vermehrt allerdings die Contractionen. Es bedarf hier keiner Erinnerung, dass nie die Armaturen **) selbst, mit denen die belebten Organe in Berührung stehen, sondern nur die Zwischenglieder erhitzt werden dürfen. Jene würden ihre Temperatur schnell dem Nerv und Muskel mittheilen und die Erregbarkeit derselben ändern, woraus dann unreine Resultate erfolgten. Am auffallendsten ist die Wirkung der Erwärmung bei dem Hauchversuche (Fig. 35.),

*) *Fowlers Experiments and Obs. p.* 21. Pfaff a. a. O. S. 36.

**) Ich habe einmal die Zinkarmatur so erglüht, dass der Nerv darauf zischte. Die Contractionen erfolgten dennoch bis der Nerv ganz zusammengeschrumpft war.

welcher am Ende des vierten Abschnitts umständlich beschrieben ist. Wenn das heterogene Metall *Z*, welches auf einer Fläche mit einer verdampfenden Flüssigkeit belegt seyn muss, eine Temperatur von 60 — 70° R. erhält, so werden die Muskeln weit heftiger erschüttert, als wenn *Z* die gewöhnliche Temperatur von 10 — 12° R. hat. Aber nicht bloss Mittheilung des Wärmestoffs oder Uebergang desselben von einer Substanz in die andere, sondern auch ursprüngliche Erregung desselben durch Reibung scheint die Galvanischen Versuche zu begünstigen. Der D. Wells hat hierüber sinnreiche Beobachtungen gesammelt, welche bereits am 19. Merz 1795 der Königlichen Societät zu London vorgelegt wurden. Da dieselben noch ungedruckt sind, so war es mir um so willkommener, sie durch Herrn Pictet und Herrn Allen, welcher gegenwärtig mit vielem Beifall über die Physiologia comparata zu Edinburg lieset, mitgetheilt zu erhalten. — Eben diesem Schottischen Gelehrten verdanke ich sehr feine kritische Bemerkungen, welche er über meine Ideen vom Muskelreize in seinen Vorlesungen geäussert hat. — Der D. Wells fand, dass wenn zwei homogene Metalle keine Zuckungen *) erregten, dieselben eintraten, wenn eines derselben an einem Ende mit Seide, Wolle, Fischhaut, Siegellack, Holz, Marmor, oder der Hand gerieben wurde.

*) Er läugnet überhaupt, dass ganz homogene Metalle von einerlei Temperatur Galvanische Erscheinungen geben. Vielleicht würden ihn meine im vierten Abschnitte erzählten Versuche Fig. 16. und 17. von diesem Irrthume zurückbringen.

Befeuchtung begünstigte den Effect des Reibens. Das geriebene Metall behielt seine Excitationskraft, auch wenn es über 200 Contractionen erweckt hatte. Ja, was noch sonderbarer scheint, Herr Wells beobachtete, dass die Wirkung des Reibens sehr geschwächt wurde, wenn dasselbe nicht an einem, sondern an beiden Enden der Armatur geschah. Bisweilen stieg diese Schwächung bis zur völligen Vernichtung der Excitationskraft, und es schien dann, als hebe ein gleichstarkes Reiben an zwei Enden die vorige Wirksamkeit auf.

Dieses letzte Experiment ist mir nicht geglückt, ob ich gleich noch vor wenigen Stunden damit beschäftigt war. Vielleicht liegt der Grund in einem bestimmten und mittlern Grade der Erregbarkeit, welcher dazu erfordert wird. Da ich also ungewiss seyn muss, ob ich mit Herrn Wells unter einerlei Bedingungen experimentirte, so bin ich weit entfernt, ihn einer Selbsttäuschung zu beschuldigen. Vielmehr habe ich schon früher eine Reihe von Versuchen angestellt, welche vielleicht mit den seinigen in einiger Beziehung stehen.

Wenn ein Schenkelnerv (Fig. 60.) mit Golde *A* armirt ist, und mit homogenem Golde berührt, keine Contractionen erregt; so erfolgen dieselben in vielen Fällen augenblicklich, wenn man *A* in *r* mit Zink erschütternd schlägt, und nun den Versuch wiederholt. Diese Erscheinung ist überaus merkwürdig und neu. Wenn das Gelingen, oder Nichtgelingen in Fig. 38. oder 35. von einem blossen Hauche abhängt, so ist es hier an etwas noch Feineres, an

das einmalige Berühren zweier Metalle gebunden. Man glaube nicht, der Zink wirke dadurch auf *A*, daſs er im Reiben etwas von ſeiner Subſtanz fahren laſſe. Wäre dies der Fall, bildete ſich auf dem Golde ein Ueberzug von Zink, ſo würde die Muskelerſchütterung nur dann erfolgen, wenn *A* in *r*, und nicht, wenn es in *s*, (wo kein Zink hingetroffen,) mittels *B* mit dem Schenkel verbunden wird. Der Contact des Goldes und Zinks theilt jenem alſo etwas mit, was, von dem Berührungspuncte aus, ſich auf die ganze Fläche verbreitet. Was iſt dieſes Etwas? — Noch mehr: wenn die Erregbarkeit der Organe ſchon zu ſehr herabgeſtimmt iſt, um in Fig. 25., (wo Zink *a*, Muskelfleiſch *b*, Gold *c*, und Silber *k*, mit den belebten Organen eine Kette bilden,) wirkſam gereizt zu werden, ſo habe ich die heftigſte Muskelerſchütterung eintreten geſehen, wenn *k* das Gold nicht eher berührt, als bis daſſelbe durch einen iſolirenden Körper auf den Zink niedergedrückt wird, und der Contact von *c* und *a* bereits eben wieder aufgehoben iſt. Hier wird abermals durch einmalige Berührung der Metalle das Hindemiſs hinweggeräumt, welches der Wirkſamkeit der Reizung im Wege ſtand. Wenn man recht ſchnell verfährt, ſo kann man auch, ſtatt c auf *a* niederzudrücken, es mit einer Pincette von *b* abnehmen, auf eine dritte Zinkſtange ſchlagen und in ſeine vorige Lage zurückbringen. Hiebei hat ſich durch viele Verſuche gezeigt, daſs *c* auf ein anderes (homogenes) Goldſtück geſchlagen, gar keine, auf Eiſen eine ſchwache, auf Zink hingegen eine ſehr ſtarke Excitationskraft erhält.

erhält. In der Verschiedenartigkeit der Metalle liegt also der eigentliche Grund der Wirksamkeit. Dieselbe wird gleich stark mitgetheilt, der erschütternde Contact mag bloss mit dem Rande, oder mit der ganzen Fläche geschehen. Dagegen bemerke ich deutlich, dass die Muskularcontractionen in den ersten 2 bis 3 Secunden nach dem Contact von *c* und *a*, um vieles lebhafter, als in den folgenden 12 bis 14 Secunden waren. Nach 20 bis 28 Secunden war die Verbindung von *k* und *c* wieder völlig unwirksam. Theilt der Zink dem Golde etwas mit, das in die Atmosphäre verdunstet? Bei sehr reizbaren Thieren konnte ich diese Erscheinungen nicht beobachten, weil bei diesen in den Versuchen (mit und ohne homogene Metalle) Fig. 60 und 25. schon an sich Zukkungen entstehen, *A* und *c* mag durch Zink erschüttert werden, oder nicht. Dagegen haben sie mich zahllose male bei minder reizbaren Individuen, selbst bei Mäusen und Kaninchen, in Erstaunen gesetzt. Ich habe durch aufmerksame Zeugen alle Nebenumstände untersuchen lassen, und wir sind immer von dem Verdachte der Selbsttäuschung *) zurückgekommen. Was kann auch in der That entscheidender seyn, als wenn man, da (Fig. 25.) *c* fünf bis sechs mal durch den Muskelleiter *k* ohne Contractionen

*) Man hüte sich besonders in Fig. 25. das Stück Muskelfleisch *b* nicht so dünn auszuwählen, dass das daraufliegende *c* nach der Erschütterung durch Zink noch mit *b* in Contact bleibt. Wenn dann Contractionen erfolgen, so bestätigen dieselben bloss die schon längst bekannte Erfahrung, dass eine Kette bloser Metalle stärker, als eine durch Muskelfleisch unterbrochene Kette reizt.

berührt wurde, diese Contractionen sogleich lebhaft eintreten, abnehmen und verschwinden sieht, je nachdem die Berührung von *k* und *c*, gleich nachdem *c* von *a* erschüttert worden ist, oder später geschieht? — Dennoch habe ich diesen Versuch, (ich möchte ihn ein Galvanisiren der Metalle nennen, wenn der Ausdruck nicht eben so vielseitig, als der des Magnetisirens wäre,) gewiss an 20 verschiedenen Thieren vergebens angestellt. Die Zuckungen erfolgten so wenig vor dem Contacte von *a* und *c*, als nachher. Warum? Weil jene Thiere, die eine Bedingung, unter welcher der Versuch glückt, die eines bestimmten Zustandes der Reizempfänglichkeit, nicht erfüllten. Die Erschütterung des Goldes durch Zink ist nemlich nur bei éinem mittlern Grade der Erregbarkeit, bei einem Grade möglich, welcher zunächst auf den folgt, in welchem selbst ganz homogene Metalle reizen. Den Beweis dieser Behauptung finde ich darin, dass mir (bei matten Organen) der Versuch Fig. 66. nie, und bei lebhaften gerade dann gelang, wenn der Stimulus in Fig. 24. eben aufhörte, wirksam zu seyn. Der thierische Stoff läuft, wie ein rollendes Rad, von der höchsten Stuffe der Incitabilität zur niedrigsten herab. Auf jedem Punct des Wegs giebt er verschiedene Erscheinungen. Wollen wir ihn auf einer derselben ertappen, so müssen wir nicht zu früh, oder zu spät in die Speichen des Rades greifen!

Um die Bedingungen und Verhältnisse, unter denen die Phänomene des Galvanismus eintreten, recht vollständig zu entwickeln, müssen wir auch das

Medium betrachten, in welchem sich die Kette der Metalle und belebten Organe befindet. Sind dieselben sich gleich, in den verschiedenen Arten der tropfbaren und gasförmigen Flüssigkeiten, im luftdünnen und im luftverdickten Raume? Ich habe es für nöthig gehalten, hierüber, unter einem eignen Glasapparate, mehrere Versuche anzustellen, welche aber ihrer Natur nach nicht sehr bestimmte Resultate gewähren können. Wenn ich z. B. einen Froschschenkel lange der Kohlensauren Luft, oder dem oxygenirten Salzdunste aussetzte, und in diesen Flüssigkeiten selbst den Metallreiz auf ihn anwandte, so fand ich die Lebhaftigkeit der Contractionen in der erstern geschwächt, in der letztern erhöht. Es wäre sehr unrichtig gewesen, hieraus zu schliessen, dass die Metalle in der einen Gasart stärker, als in der andern wirkten. Nur die Reizempfänglichkeit der Fiber wurde erhöht; denn der in kohlensaurem Gas gelegene Schenkel zuckte gleich schwach, er mochte nachmals im oxygenirten Salzdunste, in der Lebensluft, oder unter Wasser dem Galvanischen Reizmittel unterworfen werden. Wenn man daher auch mit mir annimmt, dass der Stimulus in den Erscheinungen des Galvanismus von den belebten Organen selbst ausgeht, und dass die Metalle bloss dadurch den Grad der Reizung modificiren, dass sie dem aus den Nerven ausströmenden ± G mehr oder weniger Widerstand leisten; so ist Einfluss auf den Metallreiz und Einfluss auf die thierischen Organe doch noch nicht synonym. Was die Erregbarkeit der letztern stimmt, muss freilich die Reizung

selbst abändern. Könnte aber das Medium, in welchem experimentirt wird, nicht bloſs das Hinderniſs, welches die Metalle dem Nervenfluidum setzen, vermehren, oder vermindern, ohne sich auf die irritable und sensible Fiber selbst wirksam zu äuſsern? Betrachtet man vollends den Nerv als Elektroskop, oder läſst die in demselben enthaltene Elektricität durch die Metalle angezogen, oder zurückgedämmet werden, oder glaubt man, daſs der Stimulus sich auf Zersetzung des Wassers und Freiwerden des Sauerstoffs gründe, so ist ein noch mannichfaltigerer Einfluſs jenes Mediums auf das Anziehen, Zurückstoſsen und Zersetzen gedenkbar. Ich übergehe daher alle diejenigen Versuche, bei denen ich die thierischen Organe viele Minuten lang der zu prüfenden Flüssigkeit aussetzte, und hebe bloſs die Resultate derjenigen aus, in welchen die Contractionen gleich in den ersten Secunden durch die Metalle erregt wurden. Es ist leicht, einen Haufen von Erfahrungen flüchtig aufzusammeln, schwieriger aber die Natur so zu befragen, daſs man nur eine und nicht viele Antworten zugleich von ihr erzwingt.

Um die künstlichen Gasarten in ihrer ganzen Reinheit bei dem Metallreize anzuwenden, habe ich mich folgender Vorrichtung bedient. Ich brachte den Froschschenkel schon vorher in die Glasglocke, als sie noch mit Wasser gefüllt war und ehe die Luft hineinstieg. Dadurch gewann ich den Vortheil, daſs durch nachmalige Oefnung des obern Stöpsels die zu prüfende Gasart nicht mit atmosphärischer Luft verunreiniget würde. Der Cruralnerv wurde mit einem

Stanniolblättchen umwickelt, und konnte mittels eines seidenen Fadens bewegt werden. Auf dem Teller, den ich unter die Glocke schob, als sie mit der Gasart gefüllt war, hatte ich ein Tischchen mit einer Silberplatte dergestalt befestigt, dass diese letztere um 2 Zoll über dem Wasser hervorragte. Indem ich nun den Schenkel darauf hinabliess, kam Nerv, Stanniol und Silber in Berührung, und das Galvanisiren geschah mitten in der künstlichen Gasart. Auf diese Weise habe ich bisher 7 Luftarten, Sauerstoffgas, nitröse Luft, Wasserstoffgas, Stickgas (mittels Absorption durch Schwefelleber bereitet) kohlensaures Gas, oxygenirten Kochsalzdunst und Gas hydrogène-pesant (aus Agaricus campestris gezogen), sorgfältig geprüft. Meine Geduld würde gewiss dabei ermüdet seyn, wenn ich nicht denselben einmal gefüllten Apparat nebenbei zu vielen andern wichtigen Versuchen (über Pulsation des Herzens, das Leben kleiner Wasserthiere u. s. f.) hätte anwenden können. Ich kann versichern, dass wenn die thierischen Organe nicht viele Minuten lang in den Gasarten blieben, sondern gleich nach Füllung der Glocken galvanisirt wurden, der Reiz in allen 7 verschiedenen Flüssigkeiten weder grösser noch geringer, als in der atmosphärischen Luft war. Nur beim oxygenirten Kochsalzdunste bemerkte ich einige Zunahme der Contractionen, beim hydrogène-pesant Schwächung derselben. Vielleicht beziehen sich aber diese Erscheinungen auch nicht auf den Metallreiz,

glaubt, dafs die, den Metallen nahen Wafferfchichten, eine Zerfetzung erleiden, und dafs der entbundene Sauerftoff die Grenze jener Atmosphäre beftimme. Meine bisherigen Verfuche haben mich ganz von diefen Ideen abgeleitet. Ich habe bei den mattesten Thieren Contractionen der Muskeln bemerkt, wenn auch beide Schenkel der filbernen Pincette c unter dem Waffer zollweit von den Organen entfernt waren. Ich habe diefe Contractionen nicht zunehmen fehen, wenn ich c dem Nerven nahete!

Es ift ein befonderes Glück, dafs wir gewöhnlich in einem Medium experimentiren, welches zu den ifolirenden Flüffigkeiten gehört. Wie weit würden wir ohne diefen Umftand noch in der Kenntnifs der Bedingungen des Galvanismus zurück feyn. Gerade die feineren Verfuche, z. B. der ohne Kette Fig. 9 — 13. und der mit einem Metalle, welches auf einer Fläche mit einer verdampfenden Flüffigkeit belegt ift, find unter Waffer unmöglich anzuftellen.

Bis hieher find wir die Galvanifchen Erfcheinungen nach ihren innern Verhältniffen, ohne Bezug auf die Thiergattung, durchgegangen, auf welche der Stimulus applicirt ward. Da aber der eigenthümliche Charakter, welchen die bildende Natur den verfchiedenen Mifchungen organifcher Materie eingeprägt hat, fich auch in der Art darftellt, wie diefelben von äufsern Reizen afficirt werden, fo wird es nicht unnütz fcheinen, einen Blick auf diefe Verfchiedenheit zu heften. Diefe Ueberficht wird mich zugleich veranlaffen, einzelne Beobachtungen einzuftreuen, welche vielleicht nicht ganz un-

wichtig für die **vergleichende Physiologie** und **Anatomie** sind.

Pflanzen. — Ich fange von den Pflanzen an, denen wir aus Unkunde ihres innern Baues, und weil wir sie mit den gröſsern Thieren, die uns umgeben, und nicht mit der Claſſe der Mollusca und Zoophyten vergleichen, *) die niedrigſte Stuffe der Organiſation, den einfachſten Körperbau zuſchreiben. Da ich ſeit mehrern Jahren mit ihrer Phyſiologie beſchäftigt bin, ſo wurde ich, ſeitdem die Galvaniſchen Verſuche in Deutſchland zuerſt durch Herrn **Schmuck** bekannt wurden, von vielen Seiten aufgefordert, den Metallreiz auf die vegetabiliſche Fiber anzuwenden. Ohne mich auf die Wahrſcheinlichkeit, oder Unwahrſcheinlichkeit des Gelingens, (gegen welches ich gerechte Zweifel hegte,) einzulaſſen, legte ich ſogleich Hand ans Werk. Ich that dies um ſo lieber, da **Iberti's** und **Schmuck's** Beobachtungen, nach Herrn **Pfaff's** **) Zeugniſſe ſelbſt noch immer zu flüchtig und unzureichend waren. Aber die ſorgfältigſten und ermüdendſten Verſuche, welche ich in drei Sommern mit den Blättern der **Mimoſa pudica**, und dem **Hedyſarum gyrans**, mit den Staubfäden der **Urtica pilulifera**, **Cactus opuntia** und **Berberis vulgaris** angeſtellt habe, waren ohne Erfolg. Ich habe mehrere Mimoſen da-

*) Ueber den Urſprung des Begriffs: Pflanze, vergl. meine *Flora Friberg. p.* 151.

) **Iberti im *Eſprit des Journaux*, 1794. *T.* 3. *p.* 210. **Schmuck** in *Ludwigii Scriptor. nevrolog. minores*, *T.* 3. *p.* 21. **Pfaff** a. a. O. S. 118.

rüber aufgeopfert, bald die Oberhaut entblöfst, um die Metalle wirkfamer anzulegen, bald die gefchloffenen Blätter durch anhaltendes Galvanifiren früher, als durch blofses Licht, zu eröfnen gedacht, bald frifches Muskelfleifch, oder ganze Frofchfchenkel mit den Blättchen oder Zweigen verbunden, um das Galvanifche Fluidum durchzuleiten; aber nie konnte ich eine Erfcheinung bemerken, welche fich nicht aus den längft bekannten Gefetzen mechanifcher Reizung erklären liefse. *)

Wenn man indefs auch (wie bis jetzt blofs wahrfcheinlich ift,) nie dahin gelangen follte, den wirkfamen Einflufs des Metallreizes auf die Pflanzenfiber zu entdecken; fo würde man daraus doch noch keine Schlüffe für die Verfchiedenheit der thierifchen und vegetabilifchen Organifation ziehen können und dürfen. Die Exiftenz der irritablen Fiber im Pflanzenreiche ift durch die Arbeiten der Herren Brugmanns, Coulon und van Marum zuerft **) erwiefen worden. Ich fchmeichle mir, diefe Exiftenz

*) Ich bin fo eben durch die Güte des jüngern Herrn von Jacquin mit frifchem Saamen von Hedyfarum gyrans befchenkt worden, mit deren Pflänzchen ich jene Verfuche abermals wiederholen will. Auch mit manchen Schwämmen, deren Mifchung der thierifchen Materie ohnedies fo nahe kommt, mit den Gattungen Pilobolus und Afcobolus, deren Phyfiologie Herr Perfoon neuerlichft (*Obfervat. mycologicae, P. I. p.* 33 und 76.) durch fo viele neue Beobachtungen aufgeklärt, liefsen fich zur Zeit der Saamenreife einige gewagte Experimente anftellen.

**) Vermuthet hatte freilich diefe Lebenskraft felbft fchon *Ariftoteles de anima, lib. II.* 170. und *Theophraft. hift. plant. lib. I. c.* 28.

in meiner chemischen Physiologie der Pflanzen *) nicht nur durch neuere Versuche bestätigt, sondern auch die Entstehung, Mischung, Ernährung, Erregbarkeit und Reizung der vegetabilischen Faser so dargestellt zu haben, daß ihre Analogie mit der thierischen in dem hellsten Lichte erscheint. Aber Irritabilität eines Organs ist nicht hinlänglich, um in demselben galvanische Erscheinungen zu erregen. Es gehört (wie im sechsten Abschnitte gezeigt worden,) auch das Daseyn der sensiblen Fibern dazu. Hier treten wir in einen Gesichtspunkt, aus welchem die Galvanischen Versuche an Pflanzen manchem Physiker wichtig geworden sind. Die Nervenlosigkeit der Vegetabilien und Würmer wurde als eine Hauptstütze des Satzes, daß Reizbarkeit und Empfindlichkeit zwei verschiedene Grundkräfte wären, betrachtet. Wenn man Hallers Schriften nachlieset, so findet man, daß der grosse Mann, der die Natur, mit welcher er so innigst vertraut war, nie nach seinen Lieblingsideen ummodelte, sich dieser Beweisart nur immer mit Bescheidenheit und Schüchternheit bediente. Seine spätern

*) Was ich in dieser Schrift fibra muscularis oder irritabilis nannte, würde ich jetzt mit Herrn Reil lieber fibra communis nennen. Ob mir gleich der Name nicht ganz passend scheint, so ist es doch gewiß sehr wichtig, die Reizbarkeit der eigentlichen Muskelfaser von der, welche die cutis, das scrotum, der uterus und andere aus Zellgewebe gebildete Theile besitzen, zu unterscheiden. Man lese darüber nach: *Reil et Gautier de irritabilitate, p.* 61 und 80, wo überhaupt vieles, was ich in der Pflanzenphysiologie nur andeutete, weiter entwickelt und richtiger ausgedrückt ist.

Nachfolger aber drückten sich entscheidender darüber aus. Ja! man suchte die reizbare Muskelfaser in den Pflanzen nur darum desto deutlicher zu erweisen, um, wie Herr Gahagan *) daraus den Schluss zu ziehen: „*that the functions of irritability in animals* „*are equally independent of nervous energy.*" Auch Dr. Croone, der scharfsinnige Physiologe in Gresham College, hielt Reizbarkeit und Assimilation unabhängig von der Nervenkraft, und begriff beide unter dem Namen simple life, die er den Pflanzen und Thieren zuschrieb. **)

Was aber berechtigt uns, den Vegetabilien die Nerven apodiktisch abzuleugnen, weil wir sie bisher noch nicht entdeckt haben? Wie keck berief man sich nicht ehemals auf die Nervenlosigkeit der Würmer, und doch ist in diesen (wie ich gleich unten zeigen werde,) bis auf die kleinsten Seebewohner herab, die sensible Fiber entdeckt worden! Wie wenig Fleiss ist bisher noch auf die Anatomie der Pflanzen gewandt worden! Welche Schwierigkeit setzt die Undurchsichtigkeit der Theile den mikroskopischen Untersuchungen entgegen! Wie manche Organe hat der Anatom entdeckt, um deren Nutzen er den Physiologen vergebens befragt! Die meisten Pflanzen, welche am Boden geheftet, mit geöfneten Nahrungswegen die ihnen zuströmende

*) Vergl. die übrigens treffliche Abhandlung: *Observations on the irritability of plants* in *Duncan's Med. Commentar. Dec. II. Vol.* 4. 1790, *p.* 375.

**) *The Croonian lecture on muscular motion read at the R. Soc. nov.* 13th *and* 20th 1788. *Ed.* 2. 1790. *p.* 26.

Speise einsaugen, bedürfen keiner Nerven, um ganze Bündel von Längenfasern (Muskeln) dadurch zu bewegen. Sie brauchen ihre Nahrung nicht zu erhaschen, sondern sie breiten ihre Wurzeln und Blätter aus, um ihre Oberfläche, und damit ihre Assimilation zu vermehren. Sie bilden daher gleichsam nur ein Gewebe mannichfaltiger Gefäſse, welche theils noch dem durchströmenden Safte und den Gasarten geöffnet, theils verengt und ausgefüllt sind. Wenn Vegetabilien also mit Nerven ausgerüstet sind, wenn ihre reizbare Faser mit der sensiblen (wie bei den gröſsern belebten Wesen, die uns umgeben) zu einem organischen Ganzen verbunden ist, wo ist diese letztere wohl eher zu suchen, als an den Häuten der saftführenden Gefäſse. *) Man werfe nur einen Blick auf die Kleinheit der Nervenäste, welche viele Arterien im Menschen umschlingen, und man wird die Schwierigkeit fühlen, etwas ähnliches im Pflanzenreiche zu entdecken, im Pflanzenreiche, wo wir auch in den saftreichsten Stengeln, ausser den vasis pneumato-chymiferis, fast nie die offene Höhlung der Gefäſse entdecken, wo wir den Lauf derselben meist nur durch den Kunstgriff der Färbung mit Rubia erforschen, und wo die besten Vergröſ-

*) Ich erstaune, daſs einer unsrer tiefsinnigsten Physiologen, Friedr. Kielmeyer, nicht bloſs die Reizbarkeit der Pflanzengefäſse, sondern auch die der Arterien leugnet. S. von der Propulsionskraft in Kielmeyer's Rede über die Verhältnisse der organischen Kräfte, 1793. S. 10. und dagegen Sömmering's Gefäſslehre, §. 58.

fensible Fiber in den Pflanzen vorhanden, so liegt sie gewiss nicht so frei, dass sie über der Oberhaut hervorragt. Diese und andere vegetabilische Theile besitzen theils gar keine, theils eine sehr schwache Leitungskraft, und die anliegende Armatur kann nur wirken, wenn sie mittels eines guten Leiters mit dem erregbaren Organe verbunden ist. Das Galvanisiren eines unverletzten Blattstiels kann also kaum einige Wirkung auf das Innere haben. Will man zu Einschnitten schreiten, so sieht man, dass die schwächende Haemorrhagie allein schon die Blätter in Schlaf versenkt. Ja, die grosse Empfindlichkeit aller Vegetabilien für mechanische Erschütterungen hindert schon den Galvanischen Versuch. Die Anlegung einer Armatur bringt die Blätter zum Schliessen, neigt die Staubfäden zum Pistill hin. Wir können also nie zu richtigen Resultaten gelangen. Ich könnte noch des Umstandes erwähnen, dass alle beobachtete Bewegungen in den Vegetabilien (die des Folium stipulaeforme am Hedysarum gyrans abgerechnet) unwillkührlich sind, und dass der Metallreiz auch bei Thieren schwächer in den unwillkührlichen Muskeln, als in den, der Willkühr unterworfenen wirkt; aber ich verlasse das unsichere Feld hypothetischer Vermuthungen, und kehre zu eigenen Erfahrungen zurück.

Würmer. — Galvanische Versuche waren bisher nur an wenigen Würmern, und zwar nur an den grössern, geglückt. Herr Pfaff *) sah die Contractio-

*) A. a. O. S. 117.

tractionen der nackten Wegschnecke, Limax ater. Fowler glaubte ähnliche Wirkungen des Metallreizes am Regenwurme (Lumbricus terrestris) beobachtet zu haben. Die vergeblichen Versuche des trefflichen Ludwig *) erregten aber den Verdacht einer mechanischen Reizung. An Blutigeln, Muscheln und Ascarisarten waren die sorgfältigsten Bemühungen vergebens. Man fing nun, wie bei den Pflanzen, an zu argumentiren, dafs die Galvanischen Experimente nur da glückten, wo wirkliche Nerven vorhanden wären, und dafs die meisten unvollkommeneren Würmer, aus Mangel an Nerven, so wenig als die Pflanzen, Galvanische Erscheinungen darbieten könnten.

Presciani's und Mangili's grofse Entdeckungen haben diesen Fehlschlüssen ein Ziel gesetzt. Presciani, Professor der Physiologie zu Pavia, entdeckte bereits vor zwei Jahren das Nervensystem der zweischaaligen Conchylien. Wir haben ein grofses anatomisches Werk von ihm hierüber zu erwarten, und Herr Scarpa versicherte mich mündlich, dafs unsre Kenntnifs von den Nerven menschlicher Theile kaum weiter gediehen sey, als jener Beobachter die Neurologie einzelner Schaalthiere vollendet habe. Er mache sich jetzt an die Untersuchung der Asterien und Zoophyten, und es sey höchst wahrscheinlich, dafs auch diese Bemühung nicht fruchtlos bleiben werde. Joseph Mangili, **)

*) *Script. nevrol. min. T. 4. p. 408. T. 3. p. 340.*

**) *De systemate nerveo hirudinis, lumbrici terrestris aliorumque vermium Josephi Mangili epistola, Ticini 1795.*

ein Schüler von Scarpa, hat das Rückenmark und die Bewegungsnerven der Blutigel und Regenwürmer mit Walterscher Genauigkeit und Wahrheit abgebildet. Die Nerven dieser Thiere haben ein wunderbares Schicksal gehabt. Schon im vorigen Jahrhundert beschrieb sie Poupart *) bei der Hirudo und zählte ihre feinsten Nebenzweige. Aber die späteren, Dillenius und Morandus, leugneten ihre Existenz. Willis **) bildete das Gehirn des Lumbricus ab, und Haller, (der Poupart's und Willis Beobachtungen wohl kennen konnte,) berief sich bei dem Streite über Unabhängigkeit der Reizbarkeit von der Sensibilität, kühn auf die Nervenlosigkeit der Blutigel, der Regenwürmer und der Schaalthiere. Hätte der grosse Mann Presciani's und Mangili's Entdeckungen erlebt, er würde die einförmigen Gesetze der thierischen Natur mit uns angestaunt haben, wie vom Elephanten bis zum gallertartigen Bewohner des Meeresbodens herab, die Materie in Fibern aneinander gereiht und überall die reizbare Faser von der sensiblen begleitet ist!

Ohne von diesen Fortschritten der Anatomie jenseits der Alpen zu wissen, machte Herr Abilgaard ***) im Norden ähnliche Entdeckungen.

apud. hered. Petri Galealii, *p.* 5. Herr Reil, dem ich diese Schrift mitgetheilt, hat uns im ersten Hefte des 2ten Bandes seines Physiologischen Archivs, S. 109. bereits mit einer deutschen Uebersetzung beschenkt.

*) *Journal des Scavans.* 1697. *n.* 28.

**) *De anima brutorum,* 1675. *tab.* 4. *f.* 1.

***) Meine Behauptung über die Sepia in der *Flora Friberg. p.* 152, ist irrig. Herr Abilgaard hat auf meine

Dieser genievolle, unermüdete Naturforscher, welcher das ganze westliche Europa bis Portugal hin durchwandert ist, hat mir hierüber folgende Beobachtungen mitgetheilt. „Er fand mit Herrn Ratje, „dass das räthselhafte fleischige Organ, welches Otto „Friedrich Müller den Pes, oder Fuss der „Schaalthiere, nennt, ein wahres Hirn enthalte. „Bei der gewöhnlichen Ostrea edulis und dem „Mytilus anatinus liegen darinn, etwas gegen „die Branchien zu, zwei weisse miteinander ver„bundene weiche Körper, von welchen viele Ner„venfäden auslaufen. Ihre Entfernung von den „Werkzeugen der Assimilation, vom Ventrikel, den „anderen Eingeweiden und dem Sipho, oder Anus „scheint der Lage des Seelenorgans bei andern Thie„ren sehr analog. *) In den Aetinien, Holo„thurien und Aplysien, (welche zum Geschlechte „Bulla, so wie die Scillaea pelagica zu Doris „gehört,) konnte Herr Abilgaard, so wenig als „Poli und Bohadsch, bisher etwas Nervenarti„ges entdecken, ohnerachtet er die letztern zu Nea„pel von einer so ungeheuern Grösse untersuchte,

Bitte die Sepia abermals anatomirt, und erkennt nun für Hirn und Nerven, was Swammerdamm und Scarpa dafür ausgeben. Während meines Aufenthalts in Venedig hatte ich ebenfalls Gelegenheit, mich im verflossenen Sommer selbst davon zu überzeugen.

*) Möchte man doch Gelegenheit haben, diese Theile in der ungeheuern Chama gigas der Indischen Meere, deren Fleisch über 30 Pfund wiegt, zu untersuchen! — Auch von Herrn Kielmeyer haben wir noch manche Aufklärung über Anatomie der Schaalthiere zu erwarten. S. dessen Rede a. a. O. S. 21.

„dafs Kleinheit der Theile der Beobachtung wohl „eben nichts entziehen konnte."

Seit meiner Rückunft aus Italien ift es mir wiederholt geglückt, die von Mangili befchriebenen Nerven zu finden und den Metallreiz auf diefelben anzuwenden. Um durch die Wirkungen des mechanifchen Stimulus bei Anlegung der Armaturen nicht getäufcht zu werden, ftimmte ich die Erregbarkeit der Würmer, mit denen ich experimentirte, durch fchwache Schläge der Kleiftifchen Flafche, oder dadurch herab, dafs ich fie in ein Gemifch von Alkohol und Waffer eine Zeitlang eintauchte. In diefem Zuftande unterwarf ich fie erft den Galvanifchen Verfuchen. Wenn ich das Rückenmark der Blutigel mit Stanniol armirte, brachte der filberne Conductor wechfelsweife ein Zufammenziehen und Ausdehnen der ganzen Mafchine hervor. Wurde hingegen die Belegung unter die feinern, aus dem Rückenmarke entfpringenden Nervenäfte gefchoben, fo bewegten fich blofs einige Bauchringe. Alle diefe Erfcheinungen verfchwanden, wenn das Thier in concentrirtem Alkohol getödtet und feiner Reizbarkeit beraubt war. Der Lumbricus, deffen natürliche Bewegungen fchon an fich rafcher, als die des Blutigels find, wurde auch vom Metallreize lebhafter, als diefer, afficirt. Reizung des Rückenmarks nahe am Schwanze, brachte anfangs nur ein partielles Anfchwellen der benachbarten Muskeln hervor. In wenigen Secunden aber pflanzte fich daffelbe, ohne Anbringung eines neuen Stimulus, durch den ganzen Rücken, bis gegen das Maul, fort. Die Wir-

kungen dieser Sympathie fand ich bei dem schön gefleckten Lumbricus variegatus noch deutlicher, als beim Lumbricus terrester.

Die Gattung Helix gab zu merkwürdigen Versuchen Anlaſs. Ich bediente mich der drei bei uns gewöhnlichen Arten: Helix pomatia, Helix nemoralis, und Helix hispida. Wenn ich den Kopf so abschnitt, daſs ein Theil des Rückenmarks mit dem Gehirne in Verbindung blieb, so bewegten sich durch Armirung und Reizung dieses Theils beide Maxillen. *) Bisweilen wurden, so lange der Contact der Metalle dauerte, die Fühlfäden wechselsweise ein- und ausgezogen. Diese Bewegung, welche in einem eigentlichen Ein- und Auskrempen der Augen besteht, wurde ebenfalls hervorgebracht, wenn die abgeschnittenen Tentacula allein galvanisirt wurden. Ein starker elektrischer Schlag machte sie unreizbar. Nervenfäden habe ich mit einer 312000maligen Flächenvergröſserung vergebens darinn gesucht. Umschlingen sie etwa die feinen schwarzbraunen Gefäſse, welche ich, von unten an, in beiden Wänden der Röhre heraufsteigen sah. Geschieht das Auskrempen der Augen, die Verlängerung des Fühlfadens dadurch, daſs diese

*) Helix pomatia hat knorpelartige Maxillen, und in der obern 11 bis 12 lange schwarze, scharfe Zähne, welche denen des Pferdegeschlechts ähnlich sind. Eine flüchtige Untersuchung zeigte sie mir ebenfalls als phosphorsaure Kalkerde. Ich bemerke dies ausdrücklich, da eigentliche Knochen unter den Würmern so selten, als unter den Insecten sind. Von diesen zeigt indeſs der Hummer (Cancer gammarus) ein eigenes Knochengerüste im Magen.

Gefäſse ſich (wie bei Erection des Penis, oder dem Kopfputze der Phoca criſtata) mit zudringendem Safte füllen? — Bei der eſsbaren Schnecke (Helix pomatia) wurde ſelbſt der getrennte Speiſekanal (wahrſcheinlich ein unwillkührlicher Muskel) vom Metallreize contrahirt. Der Schlund ſelbſt iſt mit einer villöſen und zunächſt dieſer mit einer andern Drüſenhaut ausgefüllt, welche an Pracht und Regelmäſsigkeit faſt alles übertrift, was ich je unter dem Mikroſkop ſah. Dieſe Membran beſteht aus einem dichten Gewebe ſchlänglicher Gefäſse, welche ſich rechtwinklich kreuzen und mit dem Durchkreuzungspuncte erhabene ſichtbare Papillen zeigen. Wenn die Haut recht früh abgezogen *)

*) Da bei dem Gebrauche eines Mikroſkops, die Art, wie man das zu prüfende Object bereitet, für die Fruchtbarkeit der Unterſuchung faſt mehr, als die Güte des Inſtruments entſcheidet, ſo darf ich arbeitſame Phyſiologen wohl auf folgenden kleinen Kunſtgriff aufmerkſam machen. Will man reizbare Theile im Augenblicke der entſtehenden Contraction unter dem Mikroſkope beobachten, ſo beſtreiche man die ganze Glasplatte, auf welcher das Object liegt, mit Waſſer, und leite durch dies Waſſer einen Schlag der ſchwach geladenen Kleiſtiſchen Flaſche. Wenn die Ketten recht bequem angelegt ſind, ſo kann dieſelbe Perſon mit dem Auge durchs Mikroſkop ſehen, und mit der Rechten die Flaſche entladen. Ich habe bei weniger Uebung dieſe Fertigkeit erlangt. — Auch galvaniſche Experimente ſtelle ich unter dem zuſammengeſetzten Mikroſkope folgendermaſsen an: Ich bediene mich, damit die Strahlen nicht zu ſehr verzerrt werden und das Object hinlänglich Licht behalte, einer ſchwachen etwa 560omaligen Flächenvergröſserung. Den thieriſchen Theil lege ich auf eine polirte Zinkplatte. Damit derſelbe nicht mechaniſch gereizt werde, ſchiebe ich ein Stückchen Muskelfaſer an ihn heran und galva-

wird, so bemerkt man, dafs einzelne Maschen nahe an der Nadel, welche sie durchbohrt, sich reizbar verengen und erweitern. Im Sonnenscheine spielen die Papillen und schlänglichen Gefäfse, wie die zusammengesetzten Augen der Fliege, mit prachtvollen, goldgelben und blauen Strahlen — eine Refraction, welche für ihre erhabene Lage zeugt. Dienen diese Papillen dazu, der Speise im Schlunde zu begegnen, und einen Theil derselben zur Assimilation einzusaugen? — Die warzenförmigen Erhebungen, welche die Weinbergsschnecke auf ihrer Oberhaut zeigt, sind Drüsen, welche den Schleim excerniren, in dem das Thier gleichsam eingehüllt ist. Sie bewegen sich durch den Metallreiz, wenn die Cuticula frisch präparirt wird; ja unter dem Mikroskope zeigt sich sehr deutlich, dafs jedes einzelne Wärzchen sich unabhängig von den anderen erhob. Dieser Umstand ist gewifs sehr auffallend. Ich glaubte anfangs, diese partiellen Contractionen entständen durch die Lähmung der andern Drüsen. Aber nein! Jede wurde sichtbar gereizt, wenn der Stimulus unmittelbar auf sie gerichtet war. Wir sehen daraus, wie unabhängig in diesen, mit einer so starken Reproductionskraft begabten Thieren, bis auf die kleinsten Organe, ein Theil von dem ande-

nisire ihn so, durch Zuleitung. Um der silbernen Nadel die Richtung nach der Muskelfaser hinzugeben, lege ich einen Finger der linken Hand fest auf den Zink auf, und dicht an diesem Finger fahre ich mit der Nadel vor- und rückwärts hin, je nachdem die Contraction erfolgen, oder nicht erfolgen soll. Zu einem Gegenversuche mufs eine Spitze von hartem Holze, oder Stahl angewandt werden.

ren ist. Wahrscheinlich ist jeder mit einem eigenen Nervenbündel ausgerüstet.

Die Sepia officinalis konnte ich mir in Genua und Venedig trotz aller meiner Bemühungen, wegen der erstickenden Sommerhitze, nur einmal so frisch schaffen, dass sie zu Galvanischen Versuchen tauglich war. Die meisten Sepien starben, ehe sie die Stadt erreichten, man mochte sie am Lielo, oder bei Palanza und Pelestrina fangen lassen. Ich armirte die fasrige Haut, welche am Fusse die Saugwarzen ringförmig umschliesset. Schon Swammerdamm und andere *) haben dieselbe für einen Muskel gehalten, und deren Einfluss auf die Acetabula gekannt. Wirklich sah ich auch diese sich augenblicklich verengen, als die silberne Pincette ihren Rand berührte. (Mechanische Reizung brachte weder vorher, noch nachher, irgend eine Bewegung hervor.) Merkwürdig war es, dass der einmalige Contact der Metalle alle Reizbarkeit der Saugwarze zu erschöpfen schien. Denn ein zweites Galvanisiren derselben war vergeblich, und ich musste sogleich zu einem andern Fusse übergehen. Ueberhaupt steht die Reproductionskraft der Dintenfische in einem fast umgekehrten Verhältnisse mit der Dauer ihrer Irritabilität nach dem Tode. Wenige selbst warmblütige Thiere verlieren so schnell den letzten Rest der Lebenskraft, als sie. Ja, einmalige Begattung bringt einigen Sepien, wie schon Aristo-

*) Vergl. Schneiders Sammlung verm. Abhandlungen zur Aufklärung der Zoologie, 1784. S. 15.

teles bemerkte, (gleich der einjährigen Pflanze und dem Schmetterlinge) den Tod!

Seit einigen Wochen ist es mir gar geglückt, bei den kleinsten Gattungen der Wasserbewohner aus der Ordnung der Mollusken, Galvanische Erscheinungen hervorzubringen. In der Nais proboscidea *) habe ich deutliches Rückenmark entdeckt. Es quillt hervor, wenn man mit einem sehr scharfen Secirmesser den Kopf des Thierchens abschneidet. Im Profile unterscheidet man es leicht von dem darunterliegenden gallertartigen Zellstoffe. Bei starker Vergrößerung und ausgewachsenen Individuen kann man den weißen Nervenfaden bis an den Anus hin, verfolgen. Er sticht, bei guter Beleuchtung, gegen das darunter liegende schwarze, geschlängelte Eingeweide (Speisesack) deutlich ab. In den zwei ersten Segmenten, welche an den rüsselförmigen Kopf grenzen, bemerkte ich zwei feine Nervenfäden, die aus dem Rückenmarke abgehen. Vielleicht hat jedes Segment ähnliche und die vorderen darum stärkere, weil die Naide im Schwimmen sich hier vorzüglich einkrümmt, und nach der Krümmung ausgestreckt fortschnellt. Wenn ich das Rückenmark des Thierchens vorpreßte und gegen Zink legte, so konnte ich mit bloßen Augen deutliche Windungen des Hinterleibes bemerken, indem ich diesen mittels Silber mit dem Zinke verband. Auf bloßen mechanischen Reiz blieb alles in Ruhe, ja selbst die galva-

*) Otto Friedrich Müller von Würmern des süßsen und salzigen Wassers, S. 14. Tab. 1. Fig. 1 bis 4.

nischen Contractionen waren merklich schwächer, wenn der Zink nicht am durchschnittenen Körper, sondern nur an den Seitenborsten (Pedunculis, oder Setis) anlag. Aehnliche Versuche glückten an zwei andern Naiden, der Naida barbata und Naida vermiculari. *) In der erstern war auch der Nervenfaden nach der ganzen Länge des borstigen zweiäugigen Thierchens sichtbar.

Das Daseyn der sensiblen Fiber in dem Körperbaue der Naiden scheint in mehr als einer Hinsicht merkwürdig. In ihrer Fortpflanzung ähneln sie der Wasserlinse (Lemna), unter deren Wurzeln sie sich verbergen, um ihrer Beute aufzulauren. Wie diese, befruchten sie sich durch Verbindung zwiefacher Geschlechter; aber wie diese **) und die lebendig gebährenden Cactus (und Glockenpolypen) treiben sie auch durch Verlängerung ihres hintern Glieds neue Sprösslinge, die sich nach und nach von der Mutter trennen und sich einer selbstständigen Existenz erfreuen. So grenzen sie auf einer Seite an Zoophyten und Pflanzen, an diejenigen Geschöpfe, denen wir eine einfachere Organisation zuschreiben, weil wir ihre Zusammensetzung nicht kennen; auf der andern Seite kettet sie ihr Nervensystem an die kriechenden rothblütigen Amphibien an! Auch auf einen zweiten Umstand muss ich hierbei aufmerksam machen. Die Naiden übertref-

*) Müller a. a. O. S. 80. Tab. 3. Fig. 1 bis 3. Tab. 4. Fig. 1. *Linn. Systema Naturae. Ed. Gmel. T. I. P. 6. p.* 3120. *n. 5 et* 6.

**) Schrank Bair. Flora, B. I. S. 224.

fen an Reproductionskraft alles, was wir an Regenwürmern und Blutigeln versucht haben. Die Beobachtung, dafs die Wiederersetzung verlorner Theile leichter bei den Würmern, die man für nervenlos hielt, als bei den sogenannten vollkommenern, das heifst, mehr nach dem Sinne der Naturforscher gebaueten Thieren vor sich geht, hat die Idee in Umlauf *) gebracht, als wenn der Einflufs der sensiblen Fiber der Reproduction nachtheilig sey. Wie sehr wird diese Meinung durch die Nerven der Gattungen: Limax, Helix, Hirudo, Lumbricus, Mytilus, Sepia und Nais **) widerlegt!

*) Kielmeyer's vortreffliche Rede über die Verh. der org. Kräfte, S. 35. und 15.

**) Wenn man die Nais proboscidea und Nais vermicularis mit einander vergleicht, so wird es auffallend, wie verschiedenartige Thiere unser künstliches, nach äufserer Form classificirendes System unter einen Gattungscharakter zwängt. Was kann dem innern Bau nach heterogener seyn, als jene beiden Species? Die eine hat zwei grofse schwarze Augen, die andere gar keine bisher entdeckten, obgleich sie nach meinen Versuchen dieselbe Empfindlichkeit für's Licht äufsert. Die eine hat einen durchsichtigen, einförmigen Körper, die andere ein langes schwärzliches Eingeweide, welches fast das ganze Innere ausfüllt und sich wellenförmig bewegt. Die Bewegung dieses merkwürdigen Theils, den ich sorgfältig beobachtet, scheint mir die eines unwillkührlichen Muskels zu seyn. Es ist mir geglückt, einer Naide den Kopf abzuschneiden, und das gallertartige Fleisch am Rücken so abzulösen, dafs das Eingeweide fast entblöfst dargestellt war. Geschah die Section schnell, so pulsirte dasselbe, selbst verletzt, noch einige Secunden für sich fort. So lange die Naide lebte, sah ich es nie in Ruhe, wohl aber hörte die wellenförmige Pulsation plötzlich auf, wenn ich das Thierchen in alcoholisirtem Opium tödtete. So wie hingegen bei

Von den Naiden ging ich zu der Gattung Lernaea über. Die traubenförmigen Eierstöcke, welche dieses rege, wundersam gebaute Thier freistehend nachschleppt, reizten längst meine Aufmerksamkeit. Ich stellte galvanische Versuche unter dem zusammengesetzten Mikroskope (nach der, in der obigen Note beschriebenen Art) an. Mittels Zink und Gold konnte ich die mondförmig gekrümmten tentacula der Lernaea cyprinacea bewegen. Gegenversuche mit Zink und Eisen missglückten, wenn das Thierchen auch noch so frisch auf die trockene Glasplatte gelegt war. Mit

Fröschen die Bewegungen des Herzens früher verschwinden, als die galvanischen Contractionen der Extremitäten, so ruht auch das Eingeweide der Nais proboscidea längst, wenn ihr Rückenmark noch galvanische Erscheinungen im Schwanze erregt. Ich bin weit davon entfernt, jenen pulsirenden Theil für ein eigentliches Herz zu halten. Ich glaube vielmehr mit Herrn Fordyce (Neue Untersuchung des Verdauungsgeschäftes, 1793. S. 24.) dass er Herz und Magen zugleich ist. Zubereitung der Säfte und Umtrieb durch die Gefäfse scheinen bei diesen Geschöpfen durch ein Organ bewirkt zu werden. Gallertartige Muskeln (wie der der Krystalllinse am Menschen) bedürfen, um der Fäulniss zu widerstehen, einer noch schnelleren Erneuerung ihrer Bestandtheile, als die festern, erdigern Fibern der grössern Thiere. Kein Wunder daher, dass jene kleinern Wassergewürme fast unaufhörlich fressen, dass der Speisekanal in steter Bewegung ist, um den in ihn eingemündeten Gefäfsen stets neuen Stoff der Aneignung zu zu treiben! Wie bei vielen von ihnen das Organ des Gefühls und Gesichts in eins zusammenschmilzt, wie bei den Actinien und Polypen z. B. die ganze Oberhaut specifike Reizbarkeit für das Licht hat, so ziehen sich auch vom Elephanten bis zur Steinflechte herab, die Eingeweide einfacher zusammen, und was in jener unge-

den Eierstöcken waren alle Versuche vergebens. Auch scheint das Thier sie im lebendigen Zustande nicht bewegen zu können. Sie sind mit einer fast hornartigen Haut umgeben, deren Schärfe den Fischen wahrscheinlich so schmerzhafte Wunden in den Branchien verursacht. Sonderbar genug, wie wir in der langen Reihe thierischer Formen bald diesen, bald jenen Theil gleichsam hervortreten sehen, um als Waffe oder Organ des Getastes zu dienen! Wie tief hat die Natur bei allen andern Geschöpfen dieselben Eierstöcke in das Innere des Körpers eingesenkt, welche die Lernaea frei als Schwimmfüfse, oder Widerhaken mit sich führt! — Wenn man Schläge der Kleistischen Flasche mitten durch das Thier, vom Maule bis zu der Seta, zwischen den

heuern Masse organischen Stoffs in mehrern Behältern bereitet wird, bringt hier die Energie einiger wenigen hervor. Man wird nie zu deutlichen Begriffen über Nutrition der Pflanzen gelangen, bevor man nicht tiefere Blicke in die Physiologie der Mollusken gethan hat! — Was ich oben von Uebereinstimmung in den äufsern Formen organischer Geschöpfe, bei völliger Verschiedenheit der innern Structur, erwähnte, ist bei den Pflanzen fast noch auffallender, als bei den Thieren. Ich habe in dieser Hinsicht ähnliche Vegetabilien mikroskopisch untersucht. Was scheint sich näher verwandt, als der Wersingkohl dem Braunkohl, die Brassica Sabauda der Brassica Selenisia Spielm. und betrachten wir die Ausdünstungsgefäfse der Oberhaut, so finden wir dieselben bei diesen einzeln, sich nie berührend, klein, sehr gedehnt und mit höchstens 2 bis 3 zuführenden Gefäfsen versehen, bei jenen hingegen gepaart aneinanderstofsend, doppelt so grofs, rundlich und in 4 bis 5 zuführende Gefäfse (vasa lymphatica Hedwigii) eingemündet! Wie unendlich verschieden sind die Ausdünstungsgefäfse der Cactusarten!

Ovarien durchgehen läſst, ſo ſind alle galvaniſchen Verſuche unwirkſam. Wahrſcheinlich läuft in dieſer Richtung ein Nervenſtamm, deſſen Erſchütterung jene Lähmung verurſacht. Laſſe ich dagegen den Schlag, wie ich (mit mehrern Freunden) unter der einfachen Lupe oftmals beobachtet, vom Maule durch den einen Eierſtock gehen, ſo geben nicht die Tentacula, wohl aber die Seta am Schwanze (welche die Elektricität nicht getroffen,) galvaniſche Contractionen. Dieſer Verſuch, der mit einiger Feinheit angeſtellt werden muſs, indem man den Schlag durch Nadeln ein- und ausleitet, iſt in der That ſehr auffallend. Er lehrt aufs neue die Unabhängigkeit, den Mangel an Conſens in zwei benachbarten Organen dieſer Waſſerbewohner. Ich habe, wenn die Kleiſtiſche Flaſche ſtark geladen war, den einen Eierſtock ſich ablöſen ſehen, und die Seta caudalis verlohr nicht ihre Reizbarkeit! — Noch drängen die Lernaeen dem Phyſiologen zwei Betrachtungen auf, deren ich hier nur beiläufig erwähne. Wenige Waſſerthiere ſchwimmen mit der Schnelligkeit und Gewandheit, als die Lernaeen, und dennoch machen die ſteifen unbeweglichen Eierſtöcke faſt zwei Dritttheil ihrer ganzen Maſſe aus. Geben ſie ſich den Stoſs durch einen eigenen Mechanismus der Bauchmuskeln? Denn die Tentacula und Setae ſcheinen bloſs zur Lenkung des Körpers zu dienen. Die andere Frage betrift das Geſchlecht dieſer Thierchen. Jedes Individuum dieſer Gattung hat deutliche Eierſtöcke, jedes iſt des Gebährens fähig. Hat bei ſo ausgebildeten weiblichen Theilen (die Ovaria der

Lernaea cyclopterina nach Müller lassen sich 5 Zoll lang ausdehnen) jedes Individuum eben so bestimmte männliche Geschlechtstheile? Wie geschieht die Begattung dieser Hermaphroditen? — Der Verlust eines Eierstocks durch einen elektrischen Schlag, welcher den Leib selbst nicht trift, scheint der Munterkeit der Lernaea cyprinacea nicht zu schaden. Doch sehe ich seit 5 Wochen auch keine Spur einer Wiedererzeugung.

Selbst bei denjenigen Thieren, welche in dem Innern anderer organischen Körper, dem Sonnenlichte (wie die unterirrdischen Vegetabilien) entzogen leben, bei den Gattungen Ascaris und Taenia habe ich durch den Metallreiz die Existenz der sensiblen Fiber erwiesen. Bei der Taenia infundibuliformis einer Ente und der ihr nahe verwandten, von Pallas *) beschriebenen, kurzgegliederten Taenia passeris, aus den Eingeweiden des Hänflings, sah ich die Haken am Maule sich ein- und auskrempen, wenn der Leib mit Gold und Zink armirt war. Der Versuch geschah zu einer Zeit, wo mechanische Reizung gar keine Bewegung mehr hervorbrachte. Aehnliche Erscheinungen beobachtete ich, obgleich undeutlicher, an der Ascaris trachealis und Ascaris infons, welche im heissen Sommer in den Lungen der Kröten und Frösche leicht zu finden sind. Bei der erstern sah ich mittels der Lupe den Rücken, und einmal selbst die dreifaltige Maulklappe erschüttert werden. Auffallend war es mir, dass die Ascaris infons schnell im Wasser

*) Nord. Beiträge, Th. I. p. 87. n. 10.

oder Blute stirbt, während dass die gemeinere Ascaris ranae lange in beiden ausdauert. Sollte vielleicht (denn meine Versuche sind freilich nicht zahlreich genug, um apodiktisch zu entscheiden) die Verschiedenheit der Luftart in Lunge und Eingeweide daran schuld seyn? Das erstere Organ ist mit einem stets sich erneuernden Gemische von Stickgas und Lebensluft, das letztere mit irrespirablem, kohlensaurem und brennbarem Gas gefüllt. Eben diese Fülle der Lebensluft also, deren Contact Lungengeschwüre so überaus unheilbar und entzündlich macht, scheint der Ascaris insons eine unentbehrliche Speise zu seyn, während dass Ascaris ranae eines unendlich geringern Antheils von Sauerstoff zu ihrer Respiration *) bedarf. Durch oxygenirte Kochsalzsäure werden die Bewegungen der Ascarisarten auf einige Augenblicke lebhafter gemacht. Es entsteht aber bald ein Tod der Ueberreizung, wie ich besonders auffallend an dem, schon von Gleichen gezeichneten Hautbewohner des Regen-

*) Respiration — nicht, als wenn ich glaubte, dass die Eingeweidewürmer durch das Maul ein- und ausathmeten. Die Aufnahme von Gasarten in das Innere eines organischen Körpers geschieht bei grössern Thieren durch eine grosse Oefnung und zahllose kleinere, die auf der Oberhaut vertheilt sind, und ähnliche Functionen, als die Lungen haben. Bei den Gewürmen verschwindet nach und nach zwar nicht die grosse Oefnung (Maul), wohl aber ihre Bestimmung als Inspirationsorgan. Das Athmen geschieht in diesen, wie bei den Pflanzen, durch die Oberhaut, durch welche viele im eigentlichsten Verstande zugleich fühlen, sehen, respiriren und fressen.

Regenwurms, dem mikroſkopiſchen Aſcaris lumbrici ſehe, den ein Tröpfchen jener Säure tödtet.

Inſecten. — Herr Blumenbach, dem die Thieranatomie ſo viel verdankt, galvaniſirte die Weidenraupe *) und Herr Dr. Autenrieth den Scorpion, ohne Zuckungen zu erregen. Dagegen glückten Herrn Pfaff**) Verſuche an Laubkäfern, Grashüpfern und Fluſskrebſen. Er begnügte ſich indeſs, innere Theile, die er für Muskeln hielt, zu armiren, ohne ſich mit Auffuchung der Nerven zu beſchäftigen.

Je weniger in dieſem wichtigen Theile der vergleichenden Neurologie geleiſtet war, deſto eifriger bemühte ich mich ſeit drei Jahren, die ſenſible Fiber in den Inſecten zu verfolgen. Da der galvaniſche Reiz nach den ſorgfältigſten Erfahrungen, die ich ſelbſt geſammelt, nur auf den Nerven wirkt, ſo durfte ich um ſo gewiſſer ſeyn, mittels der Metalle und deutlicher Vergröſserungen Gefäſse und Nerven von einander zu unterſcheiden. Was Swammerdamm als ſenſible Faſer abbildet, und worauf der groſse Haller***) ſich in der Phyſiologie des menſchlichen

*) Phalaena coſſus. Den Anatomen geht es mit dieſer Raupe wie den Hydraulikern mit der Kornmühle zu la Fère in der Picardie. So wie dieſe noch jetzt alle Mahlmühlen nach dieſer berechnen, ſo nehmen jene den Bau der Weidenraupe, ſeit Lyonnet's Zeiten, für den Typus, nach welchem die Natur alle Inſecten gemodelt hat. Wer Inſecten und Würmer ſelbſt zergliedert, fühlt, wie wenig ſich über den gemeinſamen innern Bau dieſer Thierclaſſen ſagen läſst.

**) a. a. O. S. 115. und Gren's Journ. B. 8. S. 396.

***) Nach einer Stelle in den Primis lineis Phyſiologiae, §. 402. ſcheint es gar, als habe Haller vielen Inſecten, wie den Polypen, alle Nerven abgeſprochen.

Körpers beruft (B. 4. S. 289.) sind grofsentheils noch sehr problematische Theile. Bei weifs- und gelbblütigen Thieren entscheidet die Farbe gar nicht, und wenn man bedenkt, dafs Lyonnet's unsterbliches Werk noch keine Ader einer Raupe darstellt, (deren künftige Entdeckung uns doch so manche Analogie thierischer Nutrition hoffen läfst,) so wird man unendlich misstrauisch gegen die Behauptungen von dem physiologischen Nutzen jener Organe.

Mehrere Umstände lassen unmittelbar schliessen, dafs der, von den Insectensammlern so grausam bewunderten Reizbarkeit *) eine eben so grofse Exsertion der Nervenkraft respondire. Ich berufe mich nur auf zwei bekannte Reizmittel, Alkohol und Elektricität, von denen es (durch Fontana) erwiesen ist, dafs sie recht eigentlich nur auf die sensible Fiber wirken. Die trefflichen Versuche dieses grofsen Florentiners über die Opiate lehren, dafs fast nichts eine so schleunige Atonie, als reiner Alkohol, hervorbringt. So richtig auch diese Thatsache an sich ist, so werde ich doch unten zeigen, dafs jene Atonie nur Folge der Ueberreizung ist, und dafs Alkohol (so wie Opium und Arsenikkalk) ursprünglich excitirend und sthenisch wirke. Je erregbarer indefs

*) Viele Cerambyxarten bleiben aufgespiefst vier Wochen lang am Leben. Die Gattung Ichnevmon, welche den Cadaver anderer Insekten zu ihrer Wohnung macht, giebt ihnen an Ausdauer der Irritabilität nichts nach. Herr Schrank sah den seltenen Ichneumon punctator (*Müller Zoolog. Dan. n.* 1831.) ohne Kopf, nach vier Tagen, sich unbändig mit dem Hinterleibe bewegen, wenn man ihn mechanisch reizte. Samml. Naturhist. Auffätze, 1796. S. 126.

die Nervenfaser ist, desto weniger kann jene sthenische Kraft beobachtet werden. Die kleinste Dosis der erregenden Potenz bringt schon Ueberreizung hervor, und das empfindliche Organ geht unaufhaltsam, in einem Moment, von der erhöhten Lebenskraft zur indirecten Schwäche über. Freilich können sich die Wirkungen des Alkohols auf die hartschaligen Insecten nicht so schnell äufsern, als auf die nakten Würmer, von denen er einige (gleich einem elektrischen Schlage) tödtet. Doch entsteht die Atonie, bei den Coleopteris, immer in 15 bis 20 Minuten. Ja! ich habe den Cerambyx cerdo und Cerambyx aedilis in einer Flasche, welche ein Paar Tropfen über Kümmel destillirten Weingeistes enthielt, innerhalb einer halben Stunde erstarren gesehen. Die Flügeldecken waren leise benetzt, und ich bin überzeugt, dafs die Atonie mehr den verflüchtigten, riechbaren Theilen, welche das Gefäfs enthielt, als der Flüssigkeit selbst zuzuschreiben war. Beide Insecten wurden so unbeweglich, dafs man sie kneifen, zerren, ja heftig elektrisiren konnte, ohne dafs sie auch nur eine schwache Zuckung zeigten. Ich hielt sie für völlig todt, als ich sie zu meinem Erstaunen, in die Sonne gelegt, nach 2 Stunden sich nach und nach wieder beleben sah. Der Alkohol schien nun verdunstet, und mit ihm die Atonie des Nervensystems gehoben zu seyn. Die Thiere kehrten, wie aus einem Schlafe, berauscht ins Leben zurück, und nach 2½ Stunde sah ich beide unter der Glasglocke umherkriechen. Mit gemeinen Stubenfliegen glückte mir der Versuch

in derselben Flüssigkeit. Wenn man sie in einen Tropfen desselben dergestalt eingetaucht hat, dass der Kopf sammt den beiden Augenhemisphären frei in der Luft stehen, und nur Bauch und Füsse benetzt werden, so gerathen sie in 2 bis 3 Minuten in einen völligen Scheintod. An keinem Fusse ist eine Zukkung zu bemerken. Bei einigen Individuen, wo die Ueberreizung zu heftig war, verwandelte sich dieser Scheintod in einen wirklichen Tod, andere sieht man nach 12 bis 15 Minuten nach und nach erwachen. Wie man diess Erwachen durch Eintauchen in schwache oxygenirte Kochsalzsäure beschleunigen und vergewissern kann, wie die Rückkehr der Irritabilität an der hintern Extremität allemal zuerst erfolgt, das alles übergehe ich hier. Es ist genug, gezeigt zu haben, wie die mächtige Wirkung des Alkohols auf die Insecten das Daseyn und die Energie der sensiblen Fiber in denselben erweiset. Auch für ein anderes Nerven-Irritament, die Elektricität, zeigt sich diese Thierclasse ungemein empfindlich. Von schwachen elektrischen Schlägen sah ich die vierjährige gefräsige Larve des Maikäfers (Engerling) plötzlich sterben. Ja, der Einfluss der Luftelektricität auf die Flusskrebse unter dem Wasser, die Gefahr, in welche sie die Annäherung eines Donnerwetters setzt, ist dem gemeinen Volke längst bekannt!

Bei keinem Insecte ist es mir geglückt, die Nerven so genau zu verfolgen, als bei dem Cerambyx cerdo. Wir erstaunen über die Dicke der sensiblen Fiber im Frosche; die des Holzbocks aber ist noch

weit auffallender, wenn man den übrigen Körperbau beider Thiere vergleicht. Das von Sömmering *) entdeckte Gesetz über das Verhältnifs der Gehirn- und Nervenmasse findet daher auch in dem Baue der Insecten seine Bestätigung. Die gröfsern Nerven des Cerambyx cerdo, welche nach den hintern Extremitäten gehen, nicht also das Rückenmark selbst, welches eine blofse Verlängerung des Gehirns ist, übertrift die Breite des stärksten Pferdehaars. Optische Vergröfserungen zeigen ein streifiges Zellgewebe auf ihrer Oberfläche, nichts aber von dem spiralförmigen Ansehen, welches die Nerven der gröfsern Thiere charakterisirt. Dagegen sah ich eine schneeweisse Marksubstanz aus dem Durchschnitte hervorquellen. Sie schien wie aus einer Scheide ausgeprefst, war aber (wie die Analogie mit dem menschlichen Baue vermuthen läfst,) wohl nur aus mehrern anastomosirenden Nervenröhren zusammengeflossen. Die Farbe des Markes stach sehr deutlich gegen das graulichgelbe gallertartige Muskelfleisch ab. In diesen sind unter meinem Mikroskop noch keine Fasern

*) *De basi encephali, Gött.* 1778. *p.* 17. Ueber die körperliche Verschiedenheit des Negers vom Europ. S. 59. Je gröfser die intellectuellen Anlagen eines Geschöpfs, desto dünner sind seine Nerven in Vergleich mit der Masse seines Hirns. — Wenn man demnach die Medullarsubstanz des Hirns und der Nerven als ein Ganzes betrachtet, so ist das Quantum desselben unter den Thieren nach Verhältnifs des Körperbaues ziemlich gleich ausgetheilt. Der Unterschied liegt hauptsächlich darinn, dafs bei einigen von der Medullarsubstanz mehr zur Bildung des Seelenorgans, bei andern mehr zur Bildung der Sinnes- und Bewegungsnerven verwandt ist.

zu entdecken, doch vermuthe ich, daſs Behandlung mit Salpeterſäure (nach Reil's Vorſchrift) die fibröſe Textur mir künftig ſo gut, als in der Kryſtalllinſe darſtellen wird. Die Zergliederung eines andern Inſects, des Fluſskrebſes, zeigt ja ſchon ohne Salpeterſäure den Uebergang gallertartiger Muskeln in deutliche Faſerbündel. Das Gehirn des Cerambyx iſt allerdings mehr, als der einfache Nervenknoten, welchen viele Phyſiologen (um weitläuftigerer Unterſuchungen überhoben zu ſeyn,) den Inſecten beilegen. Es iſt ein ausgebildetes Organ, *) welches deutlich in zwei durch eine Furche getrennte Hälften getheilt iſt. Horizontal durchſchnitten zeigt es unter der Lupe verſchiedene milchweiſſe und graulichgelbe **) Lagen. Die Farbe der letztern ähnelt faſt der Mittelſubſtanz des groſsen Hirns beim Menſchen, nur iſt ſie mit mehr Grau gemiſcht. Fortgeſetzte Horizontalſchnitte laſſen den grauen Theil verſchwinden und den weiſſen, oder das Mark hervortreten. Dieſer Umſtand beweiſet deutlich, daſs dieſes Inſectenhirn ebenfalls in Windungen und Furchen gemodelt iſt, welche die graue Subſtanz von auſsen

*) Haller behauptet, daſs man an keinem Thiere Augen ohne Gehirn uud Gehirn ohne Augen wahrgenommen habe. Phyſiologie, B. 4. S. 2. Ich muſs dem groſſen Manne ſeit meiner Zergliederung der Naiden widerſprechen. Die Nais proboſcidea zeigt keinen deutlichern Nervenknoten im Kopfe, als die Nais vermicularis, und dieſe iſt blind, während daſs jene zwei ſchöne ſchwarze Augen beſitzt.

**) Swammerdamm beobachtete die graue Subſtanz ebenfalls bei der Biene. *Biblia naturae*, S. 429. *Tab.* 20. *Fig.* 4 — 6.

überzieht, und welche im Innern mehr in ein Ganzes zusammenschmelzen.

Ueberaus merkwürdig ist noch, dass ausser den optischen Nerven, die Bewegungsnerven der zwei Vorderfüsse ebenfalls unmittelbar aus dem Hirne entspringen. Die Lage dieser Extremitäten scheint jenen Ursprung, von dem sich bei den grössern Thieren wohl nichts analoges findet, nothwendig gemacht zu haben. Von jeder Hirnhälfte laufen nemlich zu beiden Seiten 6 bis 7 anastomosirende starke Nervenfäden bis zu der Kugel herab, in welche das obere Gelenk des Vorderfusses eingelassen ist. Oefnet man dieselbe dergestalt, dass bloss die hornartige Schaale abgeschabt wird, so sieht man jene Nerven sich hier zu einer förmlichen Schlinge (Ansa) vereinigen, welche ihrer Form wegen leicht mit einem Nervenknoten (Ganglion) verwechselt werden kann. Unterhalb der Schlinge sind die sensiblen Fäden sparsamer. Im obern Gliede des Vorderfusses zähle ich kaum drei, welche von ungleicher Dicke unverästelt bis an das nächste Gelenk nebeneinander herablaufen. Mit der Lupe kann ich einzelne Fäden bis in die äussersten hakenförmigen Spitzen der Extremität verfolgen. Der Durchmesser und die Menge dieser Nervenfasern ist in Vergleich des wenigen gallertartigen Muskelfleisches, welches die enggepanzerten Glieder ausfüllt, sehr gross, — ein Umstand, welcher die Unabhängigkeit der einzelnen Organe vom Gehirn, und die ungeheure Anstrengung der Muskelkraft im Laufe der Insecten einigermassen erläutert. Auch auf den deutlichen fasrigen Ursprung

der Sinnes- und Bewegungsnerven aus dem Senforium, und auf die Dicke, welche sie bei ihrem Austritte zeigen, muss ich aufmerksam machen.

Die Nerven des Cerambyx cerdo, der Blatta orientalis, des Lucanus cervus und anderer hartschaliger Insecten, die ich zergliedert, haben auch das ähnliche mit denen der grössern Thiere, dass sie lange der Fäulniss widerstehen. Es ist ein gutes Mittel sie abgesondert von der Pulpa des Muskelfleisches darzustellen, wenn man die Extremitäten von der Hornschaale entblösst und sie der Fäulniss überlässt. Auch die Schnellkraft der sensiblen Fäden des Lucanus cervus habe ich sehr beträchtlich gefunden. Deutet dieselbe nicht unmittelbar auf eine eigenthümliche häutige Umkleidung hin? Wenn man bloss den obern Theil eines Insectenhirns mit Metallen *) armirt, so werden dadurch so wenig, als in warmblütigen Thieren, oder in Amphibien Zuckungen erregt. Warum? Weil jedes Organ nach seiner specifiken Anlage nur seine eigenthümliche Energie äussern kann, und das Sensorium so wenig zu Bewegungen, als zum Verdauen bestimmt ist. Ob durch solche Reizung in dem Seelenorgane Vorstellungen erregt, ob der Zusammenhang derselben unterbrochen wird, liegt ausser den Grenzen objectiver Wahrnehmung und bleibt so unausdenkbar als der Zusammenhang zwischen

*) Ich setze voraus, dass beide Metalle am Gehirne selbst angelegt sind. Berührt das eine eine Extremität, so kann allerdings bei hoher Erregbarkeit der Theile, das Hirn durch Zuleitung (nach Fig. 47.) auf einen Bewegungsnerven wirken!

Bewegung und Perception überhaupt. — Entblöfst man bei einem Infecte durch einen Horizontalfchnitt die Bewegungsnerven bei ihrem Urfprunge aus dem Hirne, und armirt diefe, fo entftehen, wenn die Metalle auch blofs die Nervenfafer (Fig. 8. *r*) treffen, lebhafte Contractionen in den Extremitäten. In dem Cerambyx habe ich diefelbe wohl 20 Minuten lang fortgefetzt, und durch künftliche Stimmung des Nerven mit Alkalien und oxygenirter Kochfalzfäure wird ihre Dauer wohl dreifach verlängert. Der vortheilhaftefte Punct zur Armirung ift indefs nicht der Urfprung jener vordern Schenkelnerven aus dem Hirne, fondern die erfte Schlinge, welche fie in der Kugel bilden. Wenn man diefe Kugel aus der Pfanne, in die fie fo feft und doch fo leicht beweglich eingelaffen ift, auslöfet, fo kann man den Schenkel eines Infects gerade wie einen Frofchfchenkel behandeln. Der Hauchverfuch ift bei beiden gleich gut geglückt, die fenfible Fiber fcheint in der ganzen Natur einerlei Gefetzen zu folgen. Ich habe Infectennerven mit Haaren zu unterbinden gefucht; nur diefs allein ift mir bis jetzt nicht gelungen, weil das Band die Fiber zerfchnitt und ihren Organismus zerftörte. Sind aber jene gelblich *) weiffen Fäden auch wirkliche Nervenbündel, nicht etwa Gefäfse, in welchen die Aneignung der Theile bewirkt wird? —

*) Die Nerven der Infecten find gelblicher, als die der warmblütigen Thiere, der Amphibien und Würmer. Doch felbft unter den Amphibien find Unterfchiede der Farbe. Der Cruralnerv der Lacerta agilis hat nicht die Weiffe des Cruralnerven am Wafferfrofche. Auch menfchliche Nerven fallen etwas ins Gelbe.

Ich präparirte ein Stück der fleischigen, gallertartigen Pulpa, in dem ich durch die Lupe keinen jener Fäden entdeckte, riemförmig aus einem Schenkel heraus. Er wurde mit Zink armirt und mittels Silber galvanisirt, es blieb alles in Ruhe. Kaum berührte aber einer der weissen Fäden den Zink, so waren alle Erscheinungen des Galvanismus hervorgerufen. Mehr Beweises bedarf es wohl nicht, das Daseyn jener Nerven zu bestätigen. Die Grösse der Bündel, zu denen die einzelnen Nervenfäden in den Insecten zusammengehäuft sind, muss uns, im Vergleich mit der Kleinheit ihrer Gefäfse, nicht wundern, da wir bereits in den Amphibien dasselbe Verhältniss beobachten. Wenn wir vom Menschen zu den sogenannten unvollkommneren (d. h. nicht nach unserm Typus gebauten) Thieren herabsteigen, so sehen wir die Nerven der willkührlichen Bewegungsorgane an Grösse zunehmen, so wie die zur Circulation und Nutrition bestimmten Gefäfse abnehmen. Diese, nicht jene, bleiben der Masse, zu der sie gehören, *) proportional, und kein Wunder daher, dass bei so vielen kleinen Insecten und Wassergewürmern sie sich bisher ganz der Untersuchung entzogen haben. Wir sehen in ihnen den allgemei-

*) Aus den verschiedenartigen Zwecken, zu denen ein Bewegungsnerv und ein Gefäss bestimmt ist, läst sich schon erkennen, warum die Masse des Thiers nur die Grösse und Zahl der Gefäfse modificiren kann. Von der Lebensart eines Thiers, von der Art seiner Nahrung, z. B. (nicht von seiner Masse) hängt das Maass seiner willkührlichen Bewegungen und die Aeusserungen seiner Nervenkraft ab.

nen (bei vielen Gattungen) pulsirenden Speisesack, nicht aber die engeren Kanäle, welche den Nahrungssaft bereiten und verführen!

Unter den Hemipteris ist die mit so grosser Schnelligkeit laufende Blatta orientalis zu Galvanischen Versuchen besonders geschickt. Eben diese Schnelligkeit, das Resultat einer ungeheuren Muskel- und Nervenkraft, machte, dass diese Thierart fast jeder Nachstellung entgeht, und jetzt in Europa ausgebreiteter, als in ihrem Mutterlande, Asien, ist. In dem obern Gliede der Hinterschenkel läuft ein vom Rückenmarke entspringender, erst gegabelter und nach einem Plexus wieder vereinigter, überaus starker Nerv herab. Mit Gold und Zink armirt gab der ganze Fuss die auffallendsten Erscheinungen. Ein Contact der Metalle erregte 2 bis 3 consecutive Erschütterungen. Der Schenkel stieg in die Höhe und erhielt sich zitternd einige Secunden lang in der Luft. Wie übereinstimmend zeigt sich hierin nicht der thierische Stoff, er mag in der Hornschale des Insects, oder in der zarten Oberhaut des Menschen eingeschlossen seyn. „Dies Zittern ist eine „Erscheinung, die schlechterdings bei keinem an„dern *) (thierischen) Theile, ausser der lebendigen „Muskelfaser bemerkt wird." Als ich das Rückenmarck der Blatta orientalis durch Silber und

*) Sömmering's Muskellehre, §. 34. Das Hedysarum gyrans, von dem ich zwei Pflanzen noch heute im Sonnenlicht beobachtet, zeigt bei erhöhter Reizbarkeit eben diess Zittern, wie auch schon Herr Hufeland scharfsinnig bemerkt hat. Vergl. meine Aphorismen in der *Flora Fribergensis*, p. 150. §. 6.

wohl ausgebrannte Kohle galvanisirte, sah ich das ganze Hintertheil sich hin und her bewegen, und sich mit den Füsen anstemmen.

Unter den Hymenopteris war mir die gemeine Honigbiene (Apis mellifica), wegen des Verhältnisses ihres Hirns zu den Nerven sehr auffallend. Ersteres ist für die Grösse des Thiers sehr beträchtlich, fast zweilappig und deutlich aus grauer Substanz und weissem Marke zusammengesetzt. Wie schön zeigen sich die Ursprünge der optischen Nerven aus diesem Hirne, und wie klein sind dagegen die Bewegungen im fleischigen Schenkel dieses Thierchens! Wie schwer sind letztere zu finden! Vergleicht man die Vertheilung der Muskelsubstanz in den dicknervigen Käfern mit der in der grosshirnigen Biene: so wird man auf einen Augenblick geneigt, über die sinnliche objective Wahrnehmung hinauszugehen, *) und in jener Vertheilung unsern Glauben an die höhern intellectuellen Kräfte der Bienengattung gerechtfertigt zu sehen! Das Galvanische Reizmittel schien mir nur schwach auf ihre Bewegungsorgane zu wirken. Desto besser glückten meine Versuche mit den Schenkeln der grossen Vespa crabro. Selbst wenn der Kopf des

*) Die Urtheile über Verstand und Stupidität der Thiere entspringen gröſstentheils aus einem Misbrauch unserer eigenen Urtheilskraft. — Ungern lese ich in einer mit philosophischem Geiste geschriebenen Abhandlung gar die Worte: wozu Nerven in Thieren, die entweder gar keine, oder doch sehr unvollkommene Vorstellungen haben? Archiv für die Physiologie, B. 1. H. 3, S. 115.

Thiers schon 14 Stunden lang abgeschnitten war, sah ich auf dem Metallreize noch die Extremitäten zittern. Doch gestehe ich, daſs es mir bisher noch nicht gelungen ist, die Schenkelnerven der Hornisse einzeln darzustellen, obgleich der Umstand, daſs nur bei Armirung gewisser Theile der Pulpa Bewegungen erfolgten, mich auf ihre Lage hinwies.

Die hornartigen Schaalen der Coleoptera wirken beim Galvanismus eben so isolirend, als Glas und Siegellack. Um Versuche mit diesen Insectengattungen anzustellen, muſste ich daher entweder den Nerv mit zwei Metallen armiren, oder das gallertartige Muskelfleisch entblöſsen. Um so merkwürdiger ist die Sensibilität, welche manche Krebsarten in den Gelenken der Füſse und Scheeren zeigen. Ich hatte zu Venedig am Lido mehrere Krabben, (theils Cancer pagurus, theils Cancer maenas) gesammelt. Sie starben im süſsen Wasser, und waren schon so unreizbar, daſs kein mechanischer Stimulus ihnen eine Bewegung ablockte. Ich drückte zwei schmale Stangen Zink und Silber in die unverletzten Gelenke der rechten Scheere und des linken Hinterfuſses. Alles blieb in Ruhe. Kaum aber geriethen beide Metalle in Contact, so erfolgten lebhafte Zukkungen jener Theile. Das gepanzerte Thier muſs also in den Gelenken selbst sehr freiliegende Nerven haben. Eben diese Gelenke zeigen eine andere wunderbare Erscheinung, von der ich nichts analoges in der ganzen Thierschöpfung finde. Ist das erste Glied eines Krebsfuſses abgelöſst, und wird die Wunde mechanisch gereizt, so hat es das Insect

in seiner Willkühr, das zweite Glied fahren zu lassen, oder mit anscheinender Ruhe wegzuschnellen. Welche Art der Muskelbewegung, welche Einrichtung ist denkbar, um die Continuität organisch verbundener Theile mit der Leichtigkeit zu trennen. Auch das Loslassen der Scheeren, besonders beim südamerikanischen Waldkrebse (Cancer ruricola), *) gehört hieher.

Wenn ich dem Cancer pagurus Zink in das Maul steckte und den silbernen Conductor an die gestengelten Augen anlegte, so konnte ich willkührlich bald das rechte, bald das linke Auge erschüttern. Diese Versuche müssen sehr vorsichtig angestellt werden, weil die Krebse oft todt scheinen, und sich auf blofsen mechanischen Reiz plötzlich wieder zu bewegen, ja heftig zu vertheidigen anfangen. Der Cancer Bernhardus wurde in süfsem Wasser getödtet. Ich zerschlug die Schaale des Buccinum echinophorum, in welchem der nackte Schwanz verborgen liegt, und armirte denselben mit 2 Metallen. Nicht nur das Hintertheil, sondern auch die grofse rechte Scheere bewegte sich durch eine sonderbare Nervensympathie.

Fische. — Wer den prachtvollen Nervenbau der Fische aus Monro's Beschreibungen, oder besser, aus eignen Zergliederungen kennt, der wird diese Thierclasse schon a priori für sehr geschickt zu galvanischen Versuchen finden. Ich erinnere mich, den Metallreiz auf die Muraena Anguilla,

*) Herbst Versuch über die Naturgeschichte der Krabben, T. 2. S. 119. n. 57.

den sonderbar gebildeten Ammodytes Tobianus, die Perca Lucioperca, Perca cernua, den Cobitis fossilis, den Cyprinus Tinca und Cyprinus Carpio angewandt zu haben. Das Rückenmark und die Nervenäste, welche in die Flossen, oder Unterkiefer gehen, sind am leichtesten zu armiren. Ich muss gestehen, dass ich die Contractionen zwar von kürzerer Dauer, aber bei weitem heftiger und lebhafter, *) als bei den Amphibien finde. In Thieren, bei denen die Marksubstanz hauptsächlich nur auf Hirn- und Rückenmark concentrirt ist, ohne sich auf abstehende Extremitäten (eigene Getast- und Bewegungsorgane) zu verbreiten, in solchen Thieren sind die wenigen Muskelbewegungen, zu denen sie fähig sind, ungemein kraftvoll und stark. **) Ich habe Fische, denen der Kopf bereits vor einer halben Stunde abgelöst war, wenn sie galvanisirt wurden, mit dem Schwanze dergestalt schlagen sehen, dass der ganze Körper sechs Zoll hoch über dem Tisch in die Luft flog. Wenn ich ihre Reizempfänglichkeit durch alkalische Auflösungen oder durch

*) Schon D. Croone bemerkt, dass Fische fast unter allen Thieren die meiste Muskelkraft zeigen, weil sie sich in einem tausendmal dichteren Fluidum, als Luft, bewegen. In ihren Muskeln sind die Fasern nicht lang, aber zahllose Schichten derselben sind über einander gehäuft. *The Croonian Lect. on muscular motion, p. 54.*

**) Diese Beobachtung passt unter den Amphibien auch auf die Schlangengattung, mit der unter den Würmern die Naiden im Bau einigermassen übereinkommen. Selbst der trägscheinende Regenwurm zeigt, wenn man ihn schmerzhaft reizt, welcher Muskelanstrengung er fähig ist.

oxygenirte Kochſalzſäure erhöhte, ſo waren ſie (beſonders Aale und Schleie) oft kaum zu bändigen. Die leiſeſte Metallberührung lieſs ſie aufſpringen. Wenn man bedenkt, wie übereinſtimmend die Wirkung des elektriſchen und galvaniſchen Fluidums ſind, ſo wird man dieſen Vorzug der Fiſche vor den Amphibien weniger auffallend finden. Welche Thiergattung zeigt ſolche eigenthümliche (elektriſche?) Erſcheinungen, als der Zitteraal, der Zitterrochen und die vielen andern neuentdeckten elektriſchen Fiſche des ſüdlichen Oceans? Ein Blitz, der die Waſſerfläche eines groſsen Teiches trift, tödtet oft alle Fiſche weit umher!

Ich übergehe die gewöhnlichen *) Verſuche mit den Floſſen und dem Rückenmarke. Feine Experimente, welche ich mit dem Herzen der Fiſche und über die Sympathie ihrer Geſichtsnerven angeſtellt habe, werde ich im folgenden Abſchnitte erzählen. Herr Abilgaard hat zu Neapel die Nerven des elektriſchen Krampffiſches (Raja Torpedo) galvaniſirt, aber keine vorzüglich ſtarke Reizung dabei bemerkt.

*) Volta a. a. O. S. 126. Valli in Gren's Journal, B. 6. S. 390. Pfaff a. a. O. S. 115. — Iſt es Täuſchung, oder haben unſere gewöhnlichen Aale nicht auch ein Vermögen (elektriſche?) Schläge auszutheilen? Mir ſcheint wenigſtens die betäubende Empfindung, welche der lebendige Aal oft im Arme zurückläſst, ganz eigener Art. — Die Behauptung aber, daſs die convulſiviſchen Bewegungen des Aals durch angelegtes Eiſen aufhören, iſt ſehr irrig.

Neun-

Neunter Abschnitt.

Amphibien. — Winterschlaf erhöht ihre Reizempfänglichkeit. — Ursachen davon. — Die sensoriellen Kraftäufserungen schwächen die Energie der Muskelfaser und Absonderung der Gefäfse. — Ueber die Zersetzungen im Hirne, welche dem Denken gleichzeitig zu seyn scheinen. — Blutwärme der Frösche. — Physiologische Betrachtungen über Frösche, Eidexen, Kröten und Schildkröten. — Vögel. — Galvanisiren des Küchelchens im Ei. — Säugthiere. — Erscheinungen am Menschen. — Durch welche Nervenverbindung der Metallreiz das Gesichtsorgan afficirt. — Volta's Zungenversuch. — Umgekehrte Sympathie zwischen dem Naso ocularis und maxillaris superior. — Aller metallische Geschmack ist vielleicht Wirkung des Galvanismus. — Versuche in der Nasenhöhle, im Alveolus eines Zahns, in Handwunden unter Blasenpflastern. — Plötzliche Umänderung der lymphatisch-serösen Feuchtigkeit, — ihre ätzende Kraft. — Physiologische Folgerungen daraus. — Formel für die Gröfse der Reizung. — Anwendung auf das Gefühl. — Wirkungen nach oben, oder nach dem Ursprunge der Nerven im Hirne hin. — Blitze durch Verbindung der Mundhöhle mit dem After mittels zweier Metalle. — Wiederbelebung der Vögel aus dem Scheintode. — Herrn Grapengiefser's Versuche über Einflufs der Nervenreizung auf die peristaltische Bewegung des Darmkanals. — Folgerungen daraus. — Auch das Herz und andere unwillkührliche Muskeln werden vom Metallreize afficirt. — Betrachtungen über die Nerven des Herzens.

Amphibien. — An dieser Thierclasse ist das galvanische Experiment nicht nur zuerst entdeckt,

sondern auch nachmals am häufigsten wiederholt worden. *) Die Frösche zogen durch die Leichtigkeit, sie in Menge zu sammeln, durch ihren starken Nervenbau, ihre fast unzerstörbare Reizbarkeit, ihr reinliches Muskelfleisch und ihren fast durchsichtigen Körper, zu ihrem Unglück, die Hauptaufmerksamkeit der Physiologen auf sich. Das Blutbad, welches Haller, Rösel, Spalanzani, und 30 Jahre früher der Abt Nollet, welcher sie in Hosen von Wachstaffent einzwängte, **) unter ihnen anrichteten, dies Blutbad war nur ein schwacher Vorbote von dem, was am Ende des achtzehenten Jahrhunderts in allen Theilen Europens, ja im nördlichen America, sie erwartete. Fast möchte diese Thierart, welcher man weiland in Thracien eine Staatsrevolution Schuld gab, nun selbst zur Auswanderung gezwungen worden seyn! — Schade indess, dass so zahllose Versuche angestellt wurden und noch täglich angestellt werden, bei denen die Erweiterung unsers Wissens gar nichts gewinnt, und bei denen man sich freut zucken und abermals zucken zu sehen! Schade, dass Menschen, die auf feinere Bildung Anspruch machen, oft dabei eine Grausamkeit ausüben, die schlechterdings unnütz ist, da das Galvanisiren an lebendigen empfindenden Fröschen (ich meine solche, deren Hirn- und Rückenmark unverletzt bleibt,) die unsichersten Resultate gewährt!

*) Pfaff a. a. O. S. 114.

**) Spalanzani Versuche über Erzeugung der Thiere, T. 1. S. 13.

Ich habe schon oben bemerkt, dass weibliche Frösche reizbarer, als die männlichen sind, und dass der günstigste Zeitpunct an beiden zu experimentiren, der ist, wenn man sie aus dem Winterschlafe erweckt und in der gelinden Stubenwärme belebt. Ueber diese letztere Erfahrung, die ich seit drei Wintern gesammelt, muss ich einige Betrachtungen beifügen. Diejenige Classe von Physiologen, welche eigenes materielles Irritabilitätsprincip annimmt, behauptet, dass so wie die sensorielle Kraft sich im traumlosen Schlafe anhäuft, so häufe sich auch im thierischen Muskel, während der Wintererstarrung, die Reizbarkeit an. Ich könnte schon hier erweisen, dass, wenn man ein Princip der Irritabilität annimmt, man einem Elemente zuschreibt, was die gemeinsame Wirkung so vieler mannigfach gemischter und mannigfach geformter Stoffe ist. *) Ich könnte erweisen, dass gerade diejenige Substanz, von deren Anhäufung, laut jener Hypothese, die erhöhte Reizbarkeit herrühren soll, der Sauerstoff, während des Winterschlafs der Pflanzen und Thiere, in unendlich geringerer Menge der belebten Maschine zugeführt wird. Die Vegetabilien können der gefrornen Erde nur wenig Wasser entziehen. Durch die in der Kälte geminderte Pulsation der Gefässhäute

*) C'est vouloir établir des théories avant d'avoir rassemblé les faits, c'est *construire*, quand on n'a pas même encore *observé;* erreur excusable, mais qui de tout tems a arrêté la marche de nos connoissances. *Condorcet, esquisse d'un tableau hist. des progrès de l'esprit humain,* 1797. *p.* 61.

wird der Umlauf ihrer Säfte gehemmt. Die Organe, durch welche hauptsächlich das Wasser aus dem Dunstkreise eingesaugt und zersetzt wird, die Blätter, fehlen dann den meisten gänzlich. Ist nun, wie so viele Versuche lehren, das kohlensaure Wasser die Quelle, aus welcher die Pflanzen den Sauerstoff abscheiden, wie kann, da jene Quelle und jenes Absonderungsorgan fast gänzlich mangeln, die Menge dieses vermeinten Irritabilitätsstoffes sich während des Winterschlafs in denselben anhäufen? Noch deutlicher zeigt sich dieser Widerspruch bei den Thieren. Wir wissen bestimmt, wie bei dem Murmelthiere (Arctomys Marmota) vom September bis März die Respiration und also auch Pulsation des Herzens, Umtrieb des Bluts, Aufnahme des Sauerstoffs in den Lungen und Absetzung desselben in die Muskelfaser, thierische Wärme, kurz der ganze chemische Lebensprocess *) gemindert ist. Wir wissen, dass schon der periodische Schlaf, falls er sanft und traumlos ist, die Functionen unsrer Athmungswerkzeuge schwächt, und dass wir uns dennoch nach einem erquickenden Schlafe am reizempfänglichsten

*) Vergleiche Beddoes medicin. Schriften, 1794. B. I. S. 98. Wenn Herr Beddoes aber an eben der Stelle lieber dem Aristoteles als dem Ray folgt, von denen jener die Thiere im Winterschlaf für fett, dieser für mager hält, so geschieht diess wohl nur aus Liebe für seine Hypothese vom Fettwerden. Die Marmotte schläft fett ein, nachdem sie sich Magen und Eingeweide mit Wasser ausgespült hat, und erwacht mager und abgezehrt. So haben es mich alle Gemsjäger am Mont-Blanc und St. Bernhard versichert; so erzählt es Herr von Saussure in der *Voyage dans les Alpes*, *Tome 3*. p. 212.

fühlen. Wie läſst ſich dies aus einer Anhäufung des Oxygens erklären? Man wendet mir vielleicht ein, daſs jeder Schlaf eine Abweſenheit von Muskelbewegung vorausſetze, und daſs durch dieſe ſelbſt der Sauerſtoff verbraucht und dem Körper entzogen werde, daſs demnach eine ſchwächere Luftzerſetzung in der Lunge, bei vollkommener Ruhe der Muskeln, doch Anhäufung des Oxygens hervorbringen könne. Das Factum an ſich iſt zwar ſehr richtig, und ich hoffe unten zu zeigen, daſs fibröſe Bewegung nur das Reſultat einer vorhergegangenen chemiſchen Miſchungsveränderung iſt; aber als Stütze der obigen Behauptung vom Winterſchlafe kann ich die Inſtanz nicht gelten laſſen. Auf den Lebensproceſs der Vegetabilien, die z. B. im kalten Norden (im Frühlinge) eine ſo ungeheure Irritabilität *) zeigen, iſt ſie gar nicht anwendbar. Hier findet willkührliche Bewegung nicht ſtatt, die Idee der Ruhe verſchwindet, und welche Zahl kann die Differenz der Sauerſtoffmenge ausdrücken, welche die blattloſe beeiſte, oder die ſchön belaubte von der Sommerſonne beleuchtete Buche dem eingeſogenen Waſſer entlocket? Bei Thieren conſumirt allerdings die Muskelbewegung im Wachen mehr Oxygen, als das minus **) beträgt, wel-

*) Linné hat zuerſt auf dieſen Umſtand, beſonders auf den ſchnellen Wachsthum der mehlreichen Grasarten (Getreide) im nördlichen Europa aufmerkſam gemacht.

**) Nur Herr Darwin allein nimmt im Schlafe, auſſer der vermehrten Secretion, auch vermehrten Blutumlauf an. Zoonomie, B. I. S. 401. Die letztere Thatſache möchte ſchwer zu erweiſen ſeyn, und vermehrte thieri-

ches im Schlafe dem arteriellen Systeme abgeht. Aber man vergleiche den Zustand eines Menschen, der sich 14 Stunden lang wachend fast aller willkührlichen Bewegung enthält, und den Zustand eines aus dem Schlafe erwachenden! Bei dem ersteren wird die Respiration gewiss nicht gemindert, eine gleiche Menge Sauerstoff strömt durch die Lunge in den ruhenden Körper — und dennoch, wie tief steht seine Erregbarkeit, wie tief das Gefühl seiner Muskelkraft unter dem des Erwachenden?

Mangel von Bewegung mindert recht eigentlich den Grad der Irritabilität. Ich habe ein auffallendes Beispiel davon an Fröschen vor mir, die ich nun schon 6 bis 7 Monate lang in einem engen Behälter aufbewahre. Sie sind wohlgenährt, nicht übermäfsig grofs, hüpfen, (wenn man sie in Freiheit läfst,) munter umher, und dennoch sind ihre Nerven mit den wirksamsten Metallen kaum zwei Stunden lang zu galvanisiren. Ihre ausgeschnittene Herzen pulsiren nur wenige Minuten, und die heftigsten Nervenreize, die ich entdeckt, (alkalische Solutionen, oxygenirte Kochsalzsäure, Arsenikkalk,) lassen den Crural- und Ischiadischen Nerven fast unbewegt. Auffallend genug, dafs dieselben Thiere, welche (als sie im Winterschlaf ausgegraben wurden) mit homogenen Metallen, selbst ohne alle Kette (Fig. 9.) lebhafte Con-

sche Wärme ist selbst bei gemindertem Blutumlauf erklärbar. Diese Wärme entspringt ja gar nicht allein aus der Masse der, in den Lungen zersetzten Luft, sondern eben so sehr aus dem Ernährungsprocesse, welcher Wärmestoff entbindet, indem er feste Stoffe aus tropfbaren Flüssigkeiten abscheidet.

tractionen erlitten, jetzt wohlgenährt, aber bei mangelnder Muskelbewegung kaum dem Zinke und Golde gehorchen!

Aus diesen Betrachtungen folgt demnach, dass die Annahme eines Irritabilitätsstoffs im Oxygen keineswegs die, durch Ruhe und Winterschlaf erhöhte Reizempfänglichkeit der Fiber erklärt. Ich hielt eine sorgfältigere Zergliederung dieser Begriffe um so nothwendiger, als es für die Wissenschaften nachtheilig ist, wenn man Probleme für erklärt hält, zu deren Auflösung wir noch um keinen Schritt näher gerückt sind. Nach meinen Vermuthungen gründet sich jene erhöhte Reizempfänglichkeit auf Abwesenheit von Reizen und allgemeine Schwächung der sensoriellen Kraftäusserungen. Die Stärke mit der ein Stimulus wirkt, nimmt eben so zu, als die Länge der Zeit, seit welcher das irritable Organ zum letzten Male von demselben gereizt wurde. Das Sonnenlicht bewegt die Blätter des Hedysarum gyrans stärker, wenn die Pflanze 2 bis 3 Stundenlang im Finstern stand. Wer täglich Opium nimmt, wird von 8 Gran weniger afficirt werden, als ein anderer, der nie daran gewöhnt war, von ½ Gran. Das ist eine sehr alte *) und gemeine Erfahrung. Wie lebhaft müssen demnach nicht alle Organe erregt werden, wenn sie während des temporellen Schlafs Stunden lang, während des Winterschlafs

*) Beddoes und Watt Betrachtungen über den medizinischen Gebrauch künstlicher Luftarten, 1796. S. 47.

Monate lang *) von allen äufsern und so vielen innern Reizen entfernt waren, und beim Erwachen die ganze äufsere und innere Sinnenwelt plötzlich auf sie einwirkt?

Eine noch wichtigere Rolle hiebei spielt die Schwächung und temporelle Aufhebung der sensoriellen Kraftäufserung. Die Functionen des Seelenorgans und der fensiblen Fibern stehen gewissermafsen im Kampfe mit den Verrichtungen der Gefäfse. Anstrengung beim Denken hindert die Verdauung und Assimilation: Hydrocephali, Cretins, vom Schlage gerührte Menschen, tolle und stupide Personen haben oft einen auffallend starken Appetit, und die Nutritionsgeschäfte gehen trefflich bei ihnen von statten. D. Hunter hat diese Thatsache, nach welcher *„the exercise of sensation is inimical „to life"* zuerst in das gehörige Licht gesetzt, und

*) Das Beispiel des längsten Schlafs oder der am längsten gehemmten Lebenskraft giebt das Räderthier (Vorticella rotatoria), welches Fontana, nachdem es $2\frac{1}{2}$ Jahr getrocknet und unbeweglich lag, durch einen Wassertropfen in zwei Stunden wieder belebte. Vom Viperngift, B. I. S. 62. Ueber die innere Kälte der Thiere während des Winterschlafs, s. noch Jenner's und Heighton's Versuche in *Medical extracts, Vol. I. p. 95.* — Von Entziehung der Reize bei Pflanzen, s. Herrn von Uslar's Fragm. der Pflanzenkunde, S. 141. — Bei meinem vorigjährigen Aufenthalte im Departement des Mont-Blanc hat mir Herr Coutran zu Chamouny, der sich mit dem D. Paccard mit Galvanischen Versuchen beschäftigt, versprochen, sie an Marmotten, die er während der Erstarrung tödten will, anzustellen, und die Resultate seiner Beobachtungen meinen Genfer Freunden, Pictet und Jurine, mitzutheilen.

Croone's Rede *) über die Muskelkraft enthält die scharfsinnigsten Vermuthungen darüber. Woher es komme, dafs anhaltende Uebung der sensoriellen Kraft die Thätigkeit der Gefäfse und ihr Absonderungsvermögen schwächt, diese Frage gehört freilich zu den vielen, über die wir unsere bisherige Unwissenheit bekennen müssen. Ich bin weit davon entfernt, zu glauben, dafs durch das Denken selbst, grobe, oder feine Stoffe consumirt werden. Einmal liegt diese Untersuchung ganz ausserhalb der Gränzen unserer Wahrnehmungen, und dann führt auch die Vorstellungsart, welche sie veranlafst, zu der gröbsten und albernsten Art des Materialismus. Wenn aber auch das Denken selbst weder ein chemischer Procefs, noch Folge mechanischer Erschütterung ist, so scheint es doch keineswegs unphilosophisch, fibröse Bewegung, oder chemische Zersetzungen im Seelenorgane **) gleichzeitig mit dem Denken anzunehmen. Viele Erfahrungen, deren Herzählung nicht in diesen Abschnitt gehört, machen jene Annahme vielmehr sehr wahrscheinlich. Wie nun, wenn bei Uebung der sensoriellen Kraft Stoffe in dem Hirne consumirt, oder gebunden würden, von denen die thierische Maschine nur eine bestimmte Menge enthält, und welche zu dem grofsen chemischen Processe, von dem Muskelkraft und Pulsation der Gefäfshäute abhangen, mitwirken? Wie wenn diese Stoffe während des Schlafes, wo die sensorielle Kraft

*) *l. c. p.* 28.

**) Vergl. Kant's Ideen darüber in Sömmering über das Organ der Seele, 1796. S. 85.

äuſserung überhaupt (ſo wie äuſsere Wahrnehmung insbeſondere) geſchwächt iſt, den Muskeln und Gefäſsen in gröſserer Fülle zuſtrömten? *) Weit davon entfernt irgend einen Irritabilitätsſtoff anzunehmen, ſo zeigen doch mannichfaltige Erfahrungen und beſonders meine eigenen Verſuche über die beſchleunigte Keimkraft der Pflanzen, welche wichtige Rolle das Oxygen bei allen vitalen Functionen ſpielt. Erinnert man ſich nun, daſs eben dieſs Oxygen in dem arteriellen Blute angehäuft iſt, erinnert man ſich, welche ungeheure Maſſe von dieſem oxidirten Blute (über ⅛tel des Ganzen) ins Hirn ſteigt und entſäuert daraus zurückkehrt, erinnert man ſich, daſs angeſtrengteres Nachdenken eben ſo mehr Blut nach dem Hirn leitet, als Muskelanſtrengung die Muskelgefäſse füllt — ſo geräth man gleichſam von ſelbſt auf die Vermuthung, daſs während der ſenſoriellen Kraftäuſserungen Sauerſtoff abſorbirt wird, und daſs dieſe Abſorption im Schlafe geringer, als im Wachen iſt. Welche Wirkſamkeit mögen aber nicht die anderen, neben dem Oxygen im Blute enthaltenen Stoffe haben? Was mögen nicht die Nerven ſelbſt (als Leiter?) dem Seelenorgan zuführen, was bei Schwächung der Denkkraft in andern Theilen des Körpers angehäuft bleibt? Wird das arterielle Blut durch ſenſorielle Kraftäuſserungen, eben ſo wie durch Muskelbewegung und Ernährung zerſetzt, wo bleibt die groſse Maſſe von Wärme-

*) Wunden heilen ſchneller während des Schlafs, als im Wachen, wenn der Geneſende ſich auch noch ſo ruhig verhält.

stoff, welche dabei entbunden werden muss? Wird derselbe zum elektrischen, oder einem ihm verwandten Fluidum gebunden? — Ein kommendes Jahrhundert bringt uns vielleicht der Beantwortung dieser grossen Frage näher. Wir begnügen uns, hier im voraus den Gesichtspunct anzugeben, aus welchem so feine Gegenstände zu betrachten sind! — —

Aber nicht bloss weibliche Individuen, und solche, die aus dem Winterschlaf erwecket sind, auch jüngere Frösche zeichnen sich durch eine grosse Reizbarkeit des Muskelsystems aus. Wenn man bedenkt, wie schnell ihre Reizbarkeit durch den galvanischen Versuch erschöpft ist, und wie die innere thierische Wärme, von den Fischen bis zu den Vögeln hinauf gerechnet, in eben dem Maasse zunimmt, als die Dauer der Reizempfänglichkeit (nach Trennung des Hirns *) vom übrigen Körper) abnimmt: so wird man zu dem Schlusse verleitet, in diesen jungen Thieren eine höhere Temperatur und desshalb eine beschleunigte Zersetzung der thierischen Elemente, einen gleichsam rascheren Lebensprocess zu vermuthen. Thermometerversuche mit einem Frosche, den man selbst gross zöge, würden hierüber entscheiden. Wenigstens habe ich bereits gefunden, dass vier erwachsene Frösche unter einer Glocke (trotz ihrer Kälte erre-

*) Ich bediene mich ungern des Ausdrucks: Dauer der Reizbarkeit nach dem Tode, weil, wie Herr Reil bemerkt, diese Worte den Widerspruch involviren, dass die Reizbarkeit sich selbst überlebe.

genden wäſſerigen Ausdünſtung) durch ihre Luft-Exſpiration den Reaumurſchen Wärmemeſſer um 3 Grade ſteigen machen.

Die kleinſten Kaulquappen *) (gyrini) zeigen, da ſie ſich ausſchlieſslich in einem ſo dichten Elemente, als Waſſer, bewegen, eine ungeheure Muskelkraft im Schwanze. Man kann denſelben, ohne den Nerv zu entblöſsen, heftig galvaniſiren, und es iſt auffallend, wie gegen die Zeit, daſs die Vorderfüſse ſich mehr entwickeln und jenes hintere Bewegungsorgan unnöthiger wird, auch die Lebhaftigkeit der durch den Metallreiz erregten Contractionen abnimmt. Trennung des Schwanzes iſt für die junge Larve **) tödtlich, ſo wie das Thier ſich aber entwickelt und dieſe Portion des Rückenmarks ſich vom Hirne weiter entfernt, werden die Verletzungen an

*) Unter den Amphibien und Fiſchen ſind Miſsgeburten unendlich ſelten. Bei den letztern ſchiebt man die Urſach auf den Mangel abſtehender Gliedmaſsen (artus). Aber der Froſch giebt mit ſeinen 18 Fingern doch Gelegenheit genug zu Abweichungen vom gewöhnlichen Körperbau. Und wie viele tauſend Fröſche ſind nicht von Menſchen ſecirt worden? Hat man wohl Miſsgeburten darunter entdeckt? Die Amphibien ſcheinen, wie die Schmetterlingsblumen unter den Pflanzen, unaufhörlich an das Geſetz gleichmäſsiger Bildung gebunden. Vergleiche meinen Aufſatz über Prolification im Botan. Magazin, 1792. B. 3. S. 5. — Einen monſtröſen Fiſch, einen Pleuronectes ohne Schwanz beſchreibt Herr Martinet in *Verhandlungen over de naturlyke Hiſtorie*, 1795. *p.* 382.

**) Was kann Herrn La Gepede berechtigen den Gyrinus für ein bewegliches Ei zu halten. S. Berlinghieri und Brogniart in den *Annales de Chimie*, *T.* 12. *p.* 93. Vergl. Crell's Annalen, 1795. B. 2. S. 256. in der Note.

der Extremität immer unschädlicher. Sonderbar genug, dafs ein Theil, welcher einen so wichtigen, grossen, aus dem Rückenmarke unmittelbar verlängerten Nerven besitzt, sich endlich von selbst ablöst!

Der stete Aufenthalt der jungen Froschlarven im Wasser macht, dafs sie den durchsichtigen Theil der membrana nictitans (welche selbst bei Vögeln mehr oder weniger entwickelt ist) unaufhörlich geschlossen halten. Erst wenn sie den Kopf in die freie Luft aufzurichten wagen, ziehen sie sie nach unten nieder und sehen nun durch zwei Media zugleich. Diese Membran hat wahrscheinlich wie bei den Vögeln einen eigenen Muskel; denn wenn man den Gaumen des abgeschnittenen Froschkopfes mit Zink armirt und ihn mittels Silber mit dem Auge verbindet, so zieht sich bisweilen die membrana nictitans convulsivisch zurück. Zorn und Rösel *) beschreiben dieselbe einfach. Sie ist es auch wirklich, wirkt aber durch einen eignen Mechanismus, wie eine doppelte Membran. Der obere goldfarbiggefranzte Rand ist nemlich sehr fein durchsichtig und glatt. Der untere Theil ist muskulös, faltig und dick. Es hängt nun von der Willkühr des Thiers ab, ob es jenen obern Rand allein ausspannen, oder den untern Theil so herausziehen will, dafs jener Rand in ihm eingehüllt bleibt und das Ganze eine undurchsichtige Decke bildet.

Zu den Sonderbarkeiten der Froschgattung gehört noch ihre Eigenschaft, bei elektrischen Schlägen,

*) *Theolog. natur. T. I. p. 202. Historia ranar. p. 19.* (Vergl. Bechstein's Naturgeschichte Deutschlands. B. 2. S. 13.)

unter gewissen Verhältnissen, die Hautfarbe (aus der braungrünen in die blaue, meergrüne und gelbe) zu verwandeln. Herr Yelin *) hat erst neulich darauf aufmerksam gemacht. Laubfrösche scheinen sogar bei Gemüthsbewegungen solche Farbenveränderungen zu erleiden — eine Erscheinung, die mit ihrem Verbleichen durch Entziehung des Lichtreizes **) nicht zu verwechseln ist.

So wie die Frösche unter den Amphibien, und, nach meiner obigen Zergliederung, selbst die Coleoptera unter den Insecten, durch ihre (in Verhältniss der Hirnmasse) starke Nerven, die niedrige Stuffe intellectueller Anlagen, auf der sie stehen, anzudeuten scheinen; so bezeichnet die grüne Eidexe ***) (Lacerta agilis) durch ihre feinern Nerven und grösseres Hirn eine höhere Stuffe jener Anlagen. Froschnerven sind fast viermal dicker, als die gleichnahmigen Nerven der Eidexe. Daher sind die Muskularcontractionen der letztern zwar anfangs ungemein lebhaft, aber da weniger Medullarsubstanz in den Gliedmassen vertheilt und der Consens derselben mit dem Hirne so gross ist, so erschöpft der Metallreiz auch bald die letzten Reste der Irritabilität. Diese schnelle Erschöpfung ist in dem wärmern Europa, wo die Eidexe von so ungeheurer Lebhaftigkeit ist, und die höchsten Mauern erklimmt, am auffallendsten. Thiere, die in Deutschland 2 bis 3 Stunden lang deutliche Zuckungen erleiden, fand ich

*) Lehrbuch der Naturlehre, B. I. S. 28.
**) Herr v. Uslar a. a. O. S. 36.
***) Pfaff a. a. O. S. 114.

auch bei den wirksamsten Metallen in Italien, oft nach 20 bis 25 Minuten, schon unbeweglich. — Wenige Geschöpfe werden so heftig von der oxygenirten Kochsalzsäure afficirt, als die grüne Eidexe. Es erklärt sich hieraus die schreckliche Hydrophobie dieser Amphibie. Ein Tropfen Wasser auf den Leib getröpfelt, feuchter Sand, oder gar eine Lage, in der der ganze Schwanz mit Wasser benetzt ist, scheint dem Thierchen convulsivische Schmerzen zu erregen. Ist es Zersetzung des Wassers durch die Fiber und Reiz des Sauerstoffs, welcher jene Wirkung hervorbringt?

Die Kröte hat fast eben so starke Nerven als der Frosch, aber das spiralförmige gebänderte Ansehen ist weniger deutlich daran, als bei dem letztern. Die Bewegungen, welche der Galvanismus in den abgelöseten Gliedmafsen der Kröten erregt, sind eben so schwach und träge, als die, welche die Willenskraft während des Lebens hervorbringt. Ich habe übrigens mehrmals die Rana portentosa, Rana bombina und Rana Bufo zergliedert, viel mit ihnen experimentirt, und (wenn ich nicht die Urinblase verletzte) nie irgend einen Hauptschmerz davon getragen. Was Herr de la Cepede *) von der Schädlichkeit der Kröten, und gar von ihrem giftigen Athem sagt, ist sehr übertrieben. Ich habe eine grofse Unke eine Stunde lang unter einer kleinen Glocke mit atmosphärischer Luft eingesperrt gehalten, und

*) *Histoire naturelle des quadrupèdes ovipaires et des serpens, p.* 179. Vergl. damit Forster's kleine Schriften, Th. 5. S. 299.

nichts als kohlensaures Gas, Stickluft und mindern Antheil von Sauerstoffgas gefunden. Was darf man dem Grafen de la Cepede nicht aber zutrauen, ihm, der aus Hafs gegen die Kröte, „die schlanke Taille des Frosches, seine schönen Gliedmafsen, sein liebliches Farbengemisch, seinen Schleim, der alle Reize erhöht, und seine reinen Liebestriebe" *) mit Enthusiasmus erhebt?

Flufsschildkröten zeigen eine Ausdauer der Irritabilität, welche mit der der Frösche zu vergleichen ist. Herr Philipp Michaelis, (ein Mann, dessen anatomischer Scharfblick gewifs allgemein erkannt zu werden verdient) fand bei einer Schildkröte, die zerschnitten und ohne Herz wohl 18 Stunden lang der freien Winterkälte zu Pavia ausgesetzt gewesen war, noch lebhafte Muskularcontractionen. Herr Hermbstädt hat die wichtige Beobachtung **) gemacht, dafs die Testudo europaea noch vom Metallreize afficirt wird, wenn auch ihr Muskelfleisch bereits in Fäulnifs übergegangen ist.

Vögel — zeigen, wie schon oben erwähnt, die vollkommenste ausgebreitetste, bis ins Innere der Knochen dringende Respiration, die gröfste Luftzersetzung, die gröfste thierische Wärme und die kürzeste Dauer galvani-

*) Der Graf vergafs, dafs diese reinen Triebe bisweilen auch gegen Cadaver (wie weiland bei den egyptischen Einbalsamirern) gerichtet sind.

**) Creve vom Metallreiz einem Prüfungsmittel des wahren Todes, 1796. S. 83.

vanischer Erscheinungen. Alle diese Verhältnisse stehen in causalem Zusammenhange mit einander. Ich habe vielfache Versuche an Hühnern, Gänsen, Raben, Dohmpfaffen, Canarienvögeln und Hänflingen angestellt. Wenn man bei den muntern kleinen Vögeln, deren Lebensflamme gleichsam mit dem letzten Herzschlag zu verlöschen scheint, nicht schnell zur Präparirung der Nerven schreitet, so ist die Anwendung des Metallreizes vergeblich. *) Bei einem Hühnchen von 13 oder 14 Tagen, welches durch einen Zufall im Ei entblöſst war, habe ich durch Zink und Gold Bewegungen der Flügel hervorgebracht. Ueber die Sympathie der Ciliarnerven mit denen des Unterkiefers, oder über die merkwürdige Bewegung des Schnabels bei Armirung der Zunge und des Auges, so wie über die belebende Leitung des galvanischen Fluidums vom Schlunde zum After werde ich unten meine Versuche mittheilen.

Säugthiere. — Fast an allen gröſseren hierländischen Säugthieren sind die Erscheinungen des Metallreizes geprüft. Ich habe ihn selbst mit meinem älteren in der Anatomie weit erfahrenern Bruder, auf Hunde, Kälber, Kaninchen, Meerschweine (cavia Porcellus) Füchse, Schafe, Ziegen, Ratten, Mäuse und Fledermäuse angewandt, nicht etwa um die Zahl so einförmiger Versuche zu vervielfältigen, sondern bei Gelegenheit von Winter-

*) So ist es oft auch bei Mäusen (Pfaff a. a. O. S. 113.) und überhaupt fast bei allen sich sehr lebhaft bewegenden Thieren.

fectionen, die zu andern Zwecken angeftellt wurden. Am wichtigften bleiben indefs dem Phyfiologen die Erfahrungen, die man am Menfchen felbft gefammelt, und welche ein neues Licht über die Verrichtungen mancher Organe verbreitet haben. So viel ich weifs, bin ich der erfte gewefen, der es verfucht hat, Muskelbewegungen durch Entblöfsung der Nerven an fich felbft hervorzubringen. Die Folge diefes Abfchnitts wird lehren, dafs ich durch den Gewinn an neuen Erfahrungen reichlich für die felbft erregten Schmerzen belohnt worden bin. —

Alle Nervenwirkungen find gleichfam als das Refultat einer zwiefachen Kraft, der Bewegungskraft, (welche Sömmering *) Spannkraft nennt) und der Empfindungskraft, der vis motoria und fenfitiva zu betrachten. Diefe Eintheilung ift fehr alt **) und überaus natürlich. Wenn es auch je erwiefen werden follte, dafs der Empfindung eine fibröfe Bewegung im Hirne refpondire, fo ift die Fähigkeit, diefe hervorzubringen, von dem Vermögen die Muskelfafern zu verkürzen, doch wefentlich verfchieden. Haben die Nerven nicht aber auch eine chemifche Wirkung ***) auf die Gefäfse

*) Hirnlehre, §. 187.

**) Schon Gaubius fagt: „Duas itaque in folido nervo concipere facultates licet; alteram quafi *fentiendi*, qua ftimuli actionem fuo quodam modo percipit, alteram *movendi*, qua fefe contrahendo vim vi opponit ac repellit, veluti, quod quietis fuae ftatum turbat." *Inftitut. Patholog.* 59. *p.* 73.

***) *Reil et Gautier de Irritabilitate,* 1793. *p.* 4.

der Absonderung? Die Beantwortung dieser Frage hängt von der des grossen Problems ab, ob nicht alle chemische Veränderungen auf Bewegungen reducirt werden können, ein Problem, dessen Auflösung der ehrwürdige Genfer Weltweise Sage sich in seiner Chymie mécanique und im Lucrece Neutonien am meisten genähert hat. *) Wie vollends, wenn Spannung der Muskeln auch nur Folge chemischer Mischungsverhältnisse ist, und wenn in diesem Sinne Bewegung eben so auf Affinität, wie diese auf Bewegung zurückzuführen ist?

Wir folgen in der Lehre vom Metallreize den zwiefachen Wirkungen der Empfindungs- und Spannkraft. Die Versuche über die Empfindung müssen mit grosser Vorsicht angestellt werden, da die Phantasie und die erwartungsvolle Stimmung, mit welcher man zum Experimentiren schreitet, so leicht zu Täuschungen führt. Da dieselbe ohnedies auf etwas blos subjectivem beruhen, so wird jeder unpartheiische Beobachter am liebsten an sich selbst Erfahrungen sammlen. Doch sind Versuche über die Sinne auch selbst an Thieren ausführbar, die

*) Ich sage ausdrücklich am meisten genähert; denn an sich ist das Problem wahrscheinlich unauflöslich. S. Kant's metaphys. Anfangsgründe der Naturwissenschaft, 1787. S. 10 und 101. Möchte es doch in Deutschland mehr Sitte seyn, den Scharfsinn junger Physiker durch Lesung der Sageschen Schriften zu schärfen, nicht um die Corpuscularphilosophie geflissentlich zu verbreiten, sondern um ein Gebäude kennen zu lernen, welches in der Harmonie aller Theile von dem tiefen Genie seines Urhebers zeugt und zu den wichtigsten Erscheinungen dieses Jahrhunderts gehört.

durch das Spiel ihrer Gesichtsmuskeln deutliche Zeichen ihrer Empfindungen geben. So scheinen die Hunde überaus empfindlich für die Wirkungen des Metallreizes auf die Zungenwärzchen zu seyn, obgleich diese Wärzchen sich nicht durch ihre Länge, wie bei den Grasfressenden Thieren, auszeichnen. Ein sehr gutmüthiger, träger und großer Hühnerhund ließ sich mit unglaublicher Geduld Zink an den Gaumen legen. Bei dem Berühren mit der andern Zinkstange blieb er sehr ruhig. Kaum aber traf das Silber seine Zunge, so gab er die drolligsten Kennzeichen des Widerwillens durch convulsivisches Verzerren der Oberlippe und anhaltendes Lecken. Ja, das bloße Vorzeigen einer Zinkstange rief ihm lange nachher jene Geschmacksidee wieder hervor, indem sie ihn bis zum Zorn reizte.

Ich übergehe alles das, was in den verschiedenen Abhandlungen über den Galvanismus von dem Hunterschen Augenversuche und dem Voltaschen Zungenversuche gesagt ist, und begnüge mich auf einige neue Beobachtungen aufmerksam zu machen, welche von meinen Vorgängern zum Theil übersehen, zum Theil nur flüchtig angedeutet sind.

Die Blitzähnliche Erscheinung vor den Augen wird auf vierfache Art erregt, indem man entweder beide Augen, oder die Nasenhöhle und ein Auge, oder Zunge und Auge, oder Zunge und spongiöse Substanz der Oberzähne armirt. *) Der letz-

*) Vergl. Pfaff a. a. O. S. 143. 305. 322. und die dort citirten Schriftsteller. Gren's Journal, B. 7. S. 326.

tere Versuch ist unstreitig der wichtigere darunter, da das Auge gar nicht dabei berührt wird, und zwei in die Mundhöhle genommene Metalle eine Lichterscheinung hervorbringen. Die erste Entdeckung und frühere Bekanntmachung desselben gehört Herrn George Hunter. Ein Zufall hatte mich ebenfalls darauf geleitet, ehe noch Fowler's Schrift in Deutschland bekannt wurde.

Durch welche Nerven wird aber diese wundersame Sympathie begründet? Wo ist eine wirkliche Anastomose mit dem Gesichtsnerven selbst? Ich glaube, dass man hier keineswegs auf Rückwirkung des Hirns oder auf vermehrte Thätigkeit *) der Aderhautgefässe und mechanische Reizung der Netzhaut, sondern blos auf das allgemeine Gesetz der Zuleitung recurriren muss, welches ich im 6ten Abschnitt entwickelt habe. Der Nasenhöhlzweig (nervus narinus) giebt 1 bis 2 Blendungsnerven ab, welche fest auf die Scheide des Sehnerven geheftet sind, und läuft vorher selbst queer über denselben weg. Alles also, was den Nervus narinus (vom ersten Hauptast des fünften Hirnnerven) reizt, kann durch Zuleitung auf die Markhaut des Sehnerven fortgepflanzt werden, so gut als ein Schenkel zucket, man mag dessen Nerven selbst, oder ein leitendes Stück Muskelfleisch berüh-

*) Pfaff a. a. O. S. 323. — Rückwirkung des Hirns würde übrigens jetzt, da Sömmering die grosse Entdeckung vom Ursprunge des fünften Paars nahe an der Wand der vierten Hirnhöhle bekannt gemacht hat, erklärbarer als ehemals seyn. Vom Organ der Seele, §. 21. Tafel II.

ren, welches an ihm anlieget. Der Nasenhöhlzweig hängt (nach Cotuni) regelmäfsig mit einem Faden des Nasalis superficialis inferior (des untern Hautnerven der Nase vom zweiten Hauptast des fünften Paars) zusammen. Da diese Anastomose aber nicht selten fehlt, *) so ist mehr noch auf die Vereinigung des Nervus narinus mit dem Antlitznerven (besonders mit dem jugalis quartus,) welche im Augenliedschliefser geschieht, zu rechnen. Dieser anastomosirt nun regelmäfsig mit dem untern Hautnerven der Nase, welcher, wie der vordere gröfsere Gaumnerve, ein Zweig des zweiten Hauptasts des fünften Nervenpaars ist. Liegt nun ein Metall zwischen der spongiösen Substanz der Oberzähne und Oberlippe, so ist leicht einzusehen, wie es jenen Gaumnerven (Nervus palatinus anterior major,) dessen innerer Zweig sich bis ans vordere Zahnfleisch der Schneidezähne verbreitet, reizen kann. Auch lehrt folgende Beobachtung, welche wichtige Rolle jener Nerv in dem Hunterschen Versuche spielt. Die blitzähnliche Erscheinung seh' ich erfolgen, wenn beide Metalle am Innern des Gaumens, besonders an der innern Naht des Oberkiefers anliegen. Warum? Weil gerade in diese Gegend der Gaumenhaut sich beide Zweige des vorderen gröfseren Gaumennerven verbreiten.

Liegt das Metall zwischen der Oberlippe und der spongiösen Substanz des Zahnfleisches, so wirkt hauptsächlich der zweite und dritte Oberlipp-

*) Sömmerring's Hirnlehre, S. 209.

nerve, welcher durch mehrere Fäden mit dem Antlitznerven (besonders dem facialis inferior tertius,) und mittels dieses mit dem auf dem Sehnerv gehefteten narinus (Nasenhöhlzweig) vereinigt ist. Bei mehreren Individuen hängt der zur Oberlippe herablaufende Nervus infraorbitalis unmittelbar mit dem infratrochlearis des Nasenhöhlzweigs zusammen. Aus diesen mannigfaltigen Anastomosen des Antlitznerven und fünften Hirnnerven, so wie aus der verschiedenen Dicke ihrer äusseren Bedeckungen läſst sich einigermaſsen erklären, warum manchen Menschen der Huntersche Versuch besser als andern gelingt.

Wo man die blitzähnliche Erscheinung und das Galvanisiren der Zunge anatomisch zu erklären sucht, finde ich immer eine Armatur von Muskeln und Nerven erwähnt; ja man ist verlegen, welchen Theil man als armirten Muskel betrachten soll. Zu diesen Verwirrungen hat die Gewohnheit, das Galvanische Experiment durch Verbindung einer Nerven- und Muskelbewaffnung anzustellen, geführt. Aber dasselbe glücket eben so gut, wenn ein Nerv in zwei verschiedenen Puncten armirt ist. Ist der Nerve vollends ein Sinnesnerve, so kommt wahrscheinlich dabei gar keine fibröse Bewegung ins Spiel, sondern die Reizung wird bis ins Seelenorgan fortgepflanzt und erregt unmittelbar die Empfindung, welche jenem specifiken Reize entspricht. Es mag daher der Zungennerve an seiner pinselartigen Verbreitung, und der Oberlippenner-

ve, *) oder dieser und der Gaumennerve armirt werden, so sind (nach obiger Entwickelung jenes wunderbaren Geflechtes) alle diese sensiblen Organe doch als ein einziger fortlaufender Zweig zu betrachten.

Personen, denen ein Auge zerstöhrt und vertrocknet ist, sehen die blitzähnliche Erscheinung deutlich in dem gesunden Auge. Versuche mit Blindgebornen, deren Sehnerve vor und nach der Kreuzung **) wahrscheinlich unverletzt ist, fehlen bisher, und würden doch nicht unlehrreich seyn. Während eines Gewitters gelingt (wie ein hiesiger kenntnisvoller Arzt, Herr von Schallern, zuerst und sehr richtig bemerkte,) das Huntersche Experiment am stärksten. Je näher das Gewitter heranrückt, je mehr der Dunstkreis mit dem elektrischen Fluidum geschwängert ist, desto lebhaftere Blitze erregt der Metallreiz.

Zusammenziehung, oder Erweiterung der Pupille habe ich, so wenig als Herr Pfaff, je beobachten können, und ich vermuthe selbst, dass

*) Der Zungennerve hängt wie der Oberlippennerve mit dem Antlitznerven und zwar durch die Chorda tympani zusammen.

**) Vergl. Ueber die Durchkreuzung der Sehnerven, von Philipp Michaelis, 1790. Der Verfasser hat seitdem viele neue, die Decussation ganz bestätigende Fälle beobachtet. — Wie verhalten sich die Sehnerven in den Monoculis, welche bei Schafen vorkommen? und wovon das Naturaliencabinet der Academie zu Pavia ein so deutliches Exemplar besitzt. Das Lamm hatte lange mit seinem einen Auge auf der Stirn gelebt und scharf gesehen.

Fowler's widersprechende Versuche sich aus eben der Sympathie der Nasen- und Blendungsnerven erklären lassen, welche bei hellem Lichte niesen und beim Riechen an Salmiakgeist (beim Wasserkopf) Erweiterung der Pupille erregt. Für Mitwirkung des freien Lichtes bei diesem Galvanisiren haben wir also noch gar keinen Beweis. Jedes Organ giebt die Erscheinung, welche seiner Energie angemessen ist. Ein gereizter Sehnerve kann daher nicht fibröse Bewegung, sondern nur Lichtempfindung hervorbringen, er mag vom galvanischen Fluidum, oder blofs mechanisch *) gereizt seyn. Ich besinne mich selbst bei einer unvorsichtigen Bereitung der oxygenirten Kochsalzsäure, wo meine Geruchsnerven bis zur Betäubung vom Sauerstoffe gereizt wurden, lange einen blitzähnlichen leuchtenden Schein vor den Augen gesehen zu haben. Meine Pupille veränderte sich dabei eben so wenig, als bei den unglücklichen Menschen, welche ein Druck aufs Hirn ganze Reihen von Lichtern **) sehen liefs.

D. Monro zu Edinburg war so erregbar für den Metallreiz, dafs er aus der Nase blutete, wenn

*) Marat's Feinde sagten im Nationalconvente, dafs Blitze, die jener bei einer Ohrfeige gesehen, ihn zum Nachdenken über die Natur des Lichtes und zu seinem *Traité sur le feu* veranlafst hätten!

**) Auch mannichfaltige innere Reize bringen bei verschlossenen Augen Licht- und Farbenerscheinungen hervor, deren Gesetze Herr Darwin mit unglaublichem Scharfsinne entdeckt hat. — Blitze beim Erwachen und Aufschlagen der Augenlieder erklärt man aus einem elektrischen Reiben der Augenwimpern, — eine Erklärung, die wohl mehr künstlich als wahr ist.

er Zink ganz leise in das Nasenloch schob und damit die Zungenarmatur berührte. *) Das Bluten fing immer erst mit dem Blitze an. Diese Erscheinung scheint mir in physiologischer Hinsicht lehrreich. Sie zeigt, wie die Nerven, wo sie die kleinen Blutgefäfse umschlingen, diese reizen und ihre Pulsation beschleunigen. Sie bestätigt, was grofse Zergliederer von den Wirkungen der Schaam und Freude aufs fünfte Paar der Nerven und auf den Antlitznerven behaupten.

Wenn man den Hunterschen Versuch oft hinter einander wiederholt, so kann man sich, was ich aus eigner Erfahrung weifs, temporäre Schwäche der Augen, wie nach grofser Anstrengung beim Lesen, und endlich Entzündung derselben zuziehen. Kann aber diese heftige Reizung selbst nicht in einigen pathologischen Fällen nützlich seyn? Boerhaave **) erzählt, dafs ein englischer Tonkünstler, dem eine gesprungene Violinseite das Auge traf, dadurch eine solche Schärfe des Gesichts erhielt, dafs er seitdem ohne Schmerz die feinste Schrift bei Nacht lesen konnte. Bei Personen, welche man ohne Rettung erblindet hält, möchte man daher immer den Metallreiz wagen. Ich würde, um das Galvanische Durchströmen zu vermehren, die ganze Zunge, den ganzen Gaumen, ja die ganze innere Mundhöhle mit wirksamen Metallen zu belegen rathen. Dann würden alle Zweige des fünften Paars und des Antlitznerven auf einmal wirken. Ist der Sehnerv noch

*) *Medical extracts, Vol. I. p.* 117.

**) *De morbis oculorum, Gött.* 1746. *p.* 132.

nicht ganz verdorret, so erhalten einige Fasern desselben vielleicht durch die Erschütterung so viel Reizbarkeit, daſs sie die Functionen der fehlenden verrichten. Versuche dieser Art scheinen vielversprechend und wenigstens unschädlich. Von den wohlthätigen Wirkungen der Elektricität hat Herr Prof. Ellinger *) merkwürdige pathologische Fälle bekannt gemacht. Durch elektrische Bäder und positive Strahlenbüschel, welche auf die Augenlieder gerichtet wurden, heilte er einen grauen Staar, **) Augenentzündung, Lichtscheu, Eiterungen und einen Thränenfluſs. Aus der specifiken Unerregbarkeit gewisser Organe gegen gewisse Reize läſst sich sehr leicht erklären, warum bei so vielen andern Augenkranken die Elektricität unwirksam war.

So wie man bei Bewaffnung des Zungen- und Gaumennerven den Sehnerven durch Zuleitung reizen kann, so habe ich durch eine umgekehrte Sympathie mittels des Sehnerven und Naso-ocularis Zuckungen im Maule der Thiere hervorgebracht. Ich zergliederte bei einer Durchreise durch Leipzig mit Herrn Fischer, dem vortrefflichen Beschreiber der Schwimmblase, den Cyprinus Carpio. Wir armirten den Opticus mit Silber, und einen andern ausgezeichneten Nerven, der in die Augenhöhle tritt und Fäden abgiebt, die den Sehnerven berühren, (wahrscheinlich also ein

*) Voigt's Magazin für das Neueste aus der Physik, B. 9. St. 4. S. 175.

**) Ware heilte einen schwarzen Staar durch Elektricität. S. Merkwürdige Abhandl. der Londner medicin. Gesellschaft, B. 3. n. 14.

Nerve, der dem Naso ocularis des ersten Hauptastes vom fünften Paare beim Menschen entspricht) mit Zink. So wie sich beide Metalle berührten, entstand ein heftiges Zucken der Oberkiefer. Ward hier das Galvanische Fluidum nicht vom Naso ocularis auf den Maxillaris superior oder zweiten Hauptast des fünften Paars geleitet? Bei einem Gänsekopfe, der seit 8 Minuten abgeschnitten war, armirte ich die Zunge und das Weisse des Auges. Zu meinem Erstaunen öffnete sich der Schnabel $\frac{1}{4}$ Zoll weit und es entstand ein schnatterndes convulsivisches Klappern der Kinnladen. Wurden beide Metalle im Munde selbst angelegt, so war die Bewegung nicht hervorzubringen. Es wäre der Mühe werth, den Lauf der Nerven an einem Gänsegesichte sorgfältig zu verfolgen, um das Problem zu lösen, warum der Voltasche Blitzversuch bei ganz ähnlicher Armirungsmethode nicht dieselben Zuckungen in den Kiefern beim Menschen erregt?

Ich komme nun zu dem Voltaschen Zungenversuche, welcher bereits vor 30 Jahren in Teutschland angestellt wurde, und dessen in der 1767 erschienenen Nouvelle théorie des plaisirs von Sulzer *) erwähnt ist. Vielleicht hat man

*) P. 155. (Vergl. Lichtenberg's Taschenkalender, 1794. S. 186. Pfaff a. a. O. S. 135. 312. und 321. Gren's Journal der Physik, H. 22. S. 66. u. 236. Aldini *de animali electricitate, p.* 14. Carradori, *lettera quinta sull' elettricità animale diretta al Sig. Caval. Felice Fontana. Tabulae nevrologicae ad illustrandam historiam anat. cardiacorum nervorum auctore* Antonio Scarpa, *Ticini,* 1794. *p.* 16.)

schon seit Jahrhunderten einen säuerlichen Geschmack empfunden, wenn man eine silberne Schnalle so in den Mund nahm, daſs der Rand derselben die obere, der Dorn die untere Zungenfläche berührte. Vielleicht hat man seit eben der Zeit in chirurgischen Operationen bei Lancetten mit silbernen Griffen, oder Pincetten und Scheeren convulsivische Zuckungen bemerkt, ohne zu ahnden, daſs hier etwas ganz anders, als mechanische Reizung, wirke! Wie, wenn ein scharfsinniger Kopf, dem die Théorie des plaisirs in die Hände fiel, von der Idee der freien Zungennerven auf den Versuch mit entblöſsten Bewegungsnerven geleitet worden wäre, dann — dann wäre die groſse Entdeckung des Metallreizes noch in die schöne Epoche eines Haller, Franklin, Trembley, Camper und Buffon, in die Jugendjahre des groſsen Florentiners Felice Fontana gefallen. Ich bin weit davon entfernt, unser Jahrzehend arm an untersuchenden Köpfen zu nennen, aber was hätten unsere Zeitgenossen für Fortschritte thun können, wenn wir mehr von jenen empfangen hätten, als wir der Nachwelt hinterlassen.

Herr Volta hat bei Bekanntmachung seiner Entdeckung zugleich auch eine Verschiedenheit des erregten Geschmacks, nach Verschiedenheit der Armatur einen säuerlich-brennenden und einen alkalisch-bittern angegeben. Wenn dieser Unterschied in der Natur auch nicht so bestimmt ist, als es jene Worte ausdrücken, so ist er doch immer vorhanden und nicht in bloſser Abstuffung der Stärke und Schwäche gegründet. Der Geschmack, welcher

bei Belegung der Zungenſpitze mit Silber und der hintern Zungenfläche mit Zinn entſteht, hat, wenn das Organ nicht erregbar iſt, bisweilen die volle Bittere der Polygala amara. Merkwürdig iſt es, daſs bei dieſem Experimente auſser den Geſchmacksorganen zugleich auch, wie beim Genuſs heiſser Speiſen, das Gefühl afficirt wird. Die brennende Empfindung, welche eine breite Silberfläche unter und Zink über der Zunge erregt, iſt ſchlechterdings eine Erſcheinung des letztern Sinnes. Denn man bemerkt dies Brennen vollkommen in der Lippe, wenn man dieſe nebſt der Zunge armirt. Dagegen wird Kälte erregt, wenn man die hintere obere Fläche der Zunge mit Zink, die untere vordere mit Silber armirt, ja die Empfindung der Kälte nimmt zu, ſo wie man mit dem Zinke tiefer gegen die Zungenwurzel fortſchreitet. Setzt man das Galvaniſiren an dieſer Stelle lange fort, ſo erregt der Reiz eine Uebelkeit, welche bis zum Erbrechen vermehrt werden kann. Man glaube nicht, daſs dieſe Uebelkeit Folge des mechaniſchen Reizes ſey. Denn homogene Metalle kann man unter ähnlichen Umſtänden lange Zeit appliciren, ohne daſſelbe Gefühl zu erregen.

Dagegen habe ich ebenfalls mehrmals an mir ſelbſt erfahren, daſs homogene Metalle (bei erhöhter Reizempfänglichkeit der Organe) Sinnesnerven ſo gut, als Bewegungsnerven, afficiren. Man beſtreiche ſeine Zunge mit einer diluirten alkaliſchen Auflöſung (ſchwachem Oleum tartari per deliquium) oder oxygenirter Kochſalzſäure, ſo em-

pfindet man bei jedem Contacte der (vorher ganz unwirkfamen) homogenen Zinkftange brennende Schläge in der ganzen Mundhöhle. Alle Perfonen, welche fich entfchloffen, diefen Verfuch eben fo anzuftellen, haben mir die Richtigkeit meiner Beobachtung beftätigt. Auch das Hunterfche Blitzexperiment gelingt mit homogenen Metallen, wenn man den Gaumen und die Oberlippe von innen mit der alkalifchen Auflöfung benetzt. Ja, es ift mir gelungen, bei Perfonen, welche wegen Unerregbarkeit der Organe mit Zink und Gold faft gar keinen blitzähnlichen Schein fahen, durch diefe Benetzung ein lebhaftes Leuchten hervorzubringen. Unpartheiifche Phyfiker werden in der Uebereinftimmung fo vieler Phänomene die Richtigkeit meiner Behauptung (S. oben den dritten Abfchnitt) von der Wirkfamkeit homogener Excitatoren, erkennen.

Wenn Zink die untere Zungenfläche bewaffnet und mit der trocknen Hand eine Silberplatte gegen den Zink gedrücket wird, fo empfindet man keine Reize der Gefchmacksorgane. Die Hand ifolirt und die Erregbarkeit des Syftems ift nicht grofs genug, um hier (wie im Fall Fig. 9.) ohne Kette afficirt zu werden. Befeuchtet man die Hand, *) fo ift die Kette, durch die Verbindung des Arms mit dem Rumpfe, hergeftellt, und nun tritt auch die Reizung ein. Selbft der Hauchverfuch, oder das

*) Vergl. damit Herrn Volta's Verfuch, bei welchem Berührung der Zunge durch alkalifche Lauge einen fauren Gefchmack erregt. Gren's Neues Journal der Phyf. B. 3. H. 4. S. 480.

Galvanische Dampfelektrophor (s. oben den vierten Abschnitt) gelingt bei dem Voltaschen Experimente. Man armire beide Zungenflächen mit homogenem Zinke, so wird man (bei minderer Reizempfänglichkeit der Organe) nicht eher den sauren Geschmack empfinden, als bis das Silber, welches zwischen dem Zinke liegt, auf einer Seite mit Wasser benetzt wird. Steht das Silber auf beiden Seiten mit einem verdampfenden feuchten Stück Muskelfleisch in Berührung, so verschwindet die Reizung wieder.

Dass bei allen diesen Versuchen keine Zukkung der Zunge entsteht, beweiset vollkommen die alte Galenische Behauptung, dass das fünfte Nervenpaar (der dritte Hauptast) zum Geschmack, das neunte (lingualis medius) ausschliesslich zur Bewegung der Zunge dient, eine Behauptung, welche Herr Scarpa neuerlichst in seinen Tafeln über die Herznerven (1794) durch viele pathologische Fälle bestätigt hat. Als ich bei einem Kaninchen den Zungenfleischnerven nahe am Zungenbein, wo beim Menschen der Hyoglossus liegt, armirte, sah ich deutlich den vordern Theil der Zunge sich nach innen einziehen.

Wenn man die Schwerauflöslichkeit metallischer Substanzen im Speichel betrachtet, so scheint es auffallend, dass alle Gattungen der Metalle schon für sich die Geschmacksnerven reizen, ja, so sonderbar reizen, dass man einen eignen Namen für diese Art der Reizung erfunden hat. Wie wenn jeder metallische Geschmack überhaupt nur eine Folge des

Galva-

Galvanismus wäre, wenn die Berührung der Zungenwärzchen mit einem einzelnen Metalle schon ein schwaches Galvanisiren der Zunge wäre? Die Entdeckung (Fig. 9.), daſs bei homogenen Metallen, selbst ohne kettenförmige Verbindung, Contractionen entstehen, macht diese Vorstellungsart weniger verwerflich. Auch berührt jede noch so kleine Münze, welche man in den Mund nimmt, mehrere Zungenwärzchen. Der dritte Hauptast des fünften Paars ist also eigentlich in mehreren Puncten (wie Fig. 5.) armirt.

Bei meinen Versuchen auf den Wunden des Schulterblattes hat sich gezeigt, daſs der Metallreiz in wenigen Secunden die Absonderung einer scharfen, dunkelgefärbten serösen Feuchtigkeit bewirkte. Wie wenn der Voltasche Zungenversuch nur in so fern die Geschmacksorgane afficirte, als er jene Secretion in den Flocken veranlaſste? Wie wenn wir nicht das Galvanische, oder elektrische Fluidum selbst, sondern nur den, durch die veränderte Thätigkeit (vita propria) der Gefäſse abgesonderten Saft schmeckten?

Die freie Ausbreitung der Geruchsnerven, welche vom ersten und fünften Paare (ram. secund.) abstammen, die sympathischen Erscheinungen des Gesichts, Geruchs und Geschmackes, und die Analogie mit dem riechbaren elektrischen Fluidum lieſsen allerdings vermuthen, daſs das Galvanisiren der Nasenhöhlen auch den Sinn des Geruchs afficiren müsse. Diese Vermuthung hat sich aber bisher kei-

neswegs *) beſtätigt. Zwar iſt es mir geglückt, durch eine Zinkſtange, welche man nur 2 Linien tief an die innere Zwiſchenwand der Naſenlöcher, und eine Silbermünze, welche man an die Zunge anlegt, bei jedesmaliger Berührung der Metalle einen ſonderbaren Kitzel, von Kälte begleitet, in der Naſe zu erregen. Mit Fortſetzung des Experiments entſteht Drücken im Kopſe und eine Neigung zum Nieſen. Durch homogene Metalle kann man ſich überzeugen, daſs dieſe Neigung ſchlechterdings nicht Folge eines mechaniſchen Reizes iſt. Aber eben ſo wenig gehört ſie zu den Phänomenen des Geruchs, da ſie bloſs den allgemein verbreiteten Sinn des Gefühls afficirt.

Ueber die Reizempfänglichkeit der Zahnhöhle haben Herr Robinſon und Hecker widerſprechende Erfahrungen **) geliefert. Ich ſelbſt muſs auf die Seite des erſtern treten. Ich hielt Zink an den Alveolus des hinterſten Backenzahns im Oberkiefer, wenige Minuten nachdem er nur herausgeriſſen war. Die Zunge war mit Silber armirt. Der Contact der Metalle erregte ein lebhaftes Pochen und Zucken im Gaumen, ſo wie Brennen in der Zahnhöhle. Dieſes Brennen und ein heftiger Speichelfluſs dauerte wohl zwei Minutenlang nach Aufhebung des Contacts fort. Ja! Gold und Zink brachten noch nach zwei Tagen ſchmerzhafte Empfindungen hervor und es wäre gewiſs leicht geweſen, die Reizung bis zur Entzündung fortzuſetzen.

*) Pfaff a. a. O. S. 147. und 213.

**) Pfaff S. 148.

Diese Entzündung durch Anwendung des Metallreizes habe ich wirklich an einer Handwunde entstehen sehen. Als ich mit den obigen Versuchen beschäftigt war, hatte ich mir durch einen heftigen Fall die Haut am Handgelenke, wo die Arterien frei liegen, abgeschunden. Diese glückliche Gelegenheit zu Beobachtungen durfte nicht ungenützt vorbei gehen. Die Cuticula war weggerissen, aber das Blut (welches mich bei andern vorsetzlich gemachten Incisionen am Fuſse im Experimentiren gehindert hatte) floſs in geringer Menge. Ich armirte die Wunde mit Zink und berührte denselben mittels einer groſsen Silbermünze. So lange der Contact der Metalle dauerte, empfand ich eine Spannung bis in die Fingerspitzen herab, ein Zittern der Maus und ein brennendes Stechen in der ganzen Handfläche. Der Schmerz wurde deutlich stechender, wenn der scharfe Rand des Thalers und nicht die Fläche desselben, den Zink berührte. Auch sah ich, durch den Reiz, den Zufluſs des Bluts sichtbar zunehmen. So wie dieses geronn, wirkte die Armirung schwächer. Ich machte daher mit einem Secirmesser feine Einschnitte und nun brachte das mehrere Tage lang fortgesetzte Galvanisiren eine völlige Inflammation hervor.

So wie in dem vorerwähnten Experimente Empfindungs- und Spannkraft zugleich *) afficirt wurden, so zeigte sich diese vereinte Wirkung noch deutlicher bei den Rückenwunden, deren ich bereits in meinen physiologischen Briefen an Herrn

*) Pfaff S. 299.

Blumenbach *) erwähnt habe. Nirgends häufen fich alle Erfcheinungen des Galvanismus fo an einander, als bei diefem Verfuche. Ich liefs mir, um eine recht grofse entblöfste Hautfläche zu erhalten, zwei Canthariden von der Gröfse eines Laubthalers in die Gegend der beiden Schulterblätter legen. Sie bedeckten genau den Musculus cucullaris und deltoides. Befonders lag die Wunde der rechten Seite mehr auf dem Deltamuskel, denn die Zuckungen, welche beim Galvanifiren entftanden, waren faft allein in diefem Muskel zu fehen. Als beide Blafen aufgefchnitten waren, quoll, wie gewöhnlich, die lymphatifch - seröfe Feuchtigkeit ungefärbt herab. Wo fie den Rücken berührte und antrocknete, liefs fie nichts, als einen fchwachen Glanz zurück, der durch Abwafchen fogleich vernichtet wurde. Meine rechte Wunde liefs ich nun mit einer Silberplatte bedecken; kaum war der Conductor von Zink genähert, fo wurde, unter fchmerzhaftem Brennen, neue Feuchtigkeit hervorgelockt, Diefe Feuchtigkeit erfchien aber, zum Erftaunen aller Umftehenden, nicht weifs und gutartig; nein, fie war in wenigen Secunden roth gefärbt und entzündete, wo fie herab lief, den Rücken mit blaurothen Striemen. Kein bösartiges Gefchwür kann einen fo fcharfen fchnellwirkenden Saft hervorbringen. Diefe

*) Im erften und dritten, S. Gren's neues Journal d. Phyfik, B. 2. S. 119. und B. 3. S. 166. Vergl. auch Scarpa *in Tab. nevrol. ad illuftrandam hift. cardiacorum nervorum* 94. p. 6. Mündlichen Nachrichten zufolge hat einer meiner Jugendfreunde D. Schacht zu Utrecht ähnliche Verfuche bei Blafenpflaftern angeftellt.

Erscheinung war zu auffallend, um sie nicht näher zu prüfen. Die Wunde meiner linken Schulter war noch mit ungefärbter Feuchtigkeit gefüllt. Herr von Schallern, der die Mühe übernahm, auf meinem Rücken zu experimentiren, fing das Galvanisiren auch hier an. In vier Minuten waren heftiger Schmerz, Entzündung, Röthe und Striemen ebenfalls vorhanden *). Ich sah, so sorgfältig ich auch alles abwaschen liefs, mehrere Stunden lang, wie ein Gassenläufer aus.

Unter allem, was ich (bei meinem kurzen Aufenthalt in Pavia) Herrn Scarpa von meinen und meines Bruders galvanischen Versuchen erzählte, war dem grofsen Physiologen nichts so auffallend, als diese Umwandlung der herbeigelockten lymphatisch-serösen Feuchtigkeit. Wo ist ein Stimulus, sagte er, der in wenigen Augenblicken die Natur der Gefäfse so abändert, der sie stimmet, Säfte zu bereiten, welche bei der ersten Berührung des Oberhäutchens sogleich Entzündung erregen und ihren Weg durch Stunden lang anhaltende Röthe bezeichnen? Sollte nicht Idiosynkrasie der Gefäfse, krankhafte Schärfe der Säfte, diefs wundersame Phänomen veranlafst haben? Wurde die Röthe auch wirklich erst durch die Anwendung des Metallreizes hervorgebracht? So wenig ich mir auch bei meinem obigen

*) Herr von Madai, ein junger Mann, der leider! den Wissenschaften so früh entrissen wurde, hat diese Versuche in seiner Abhandl. über die Reize schön benutzt; S. Reil's Archiv d. Physiologie B. 1. H. 3. S. 90. Vergl. Hebenstreit *Diss. de turgore vitali, Lips.* 95. § 4. *p.* 14.

Verfahren die Möglichkeit einer Täuschung denken konnte, so versprach ich doch Herrn Scarpa, der geringen Unbequemlichkeit nicht zu achten und gleich nach meiner Rückkunft nach Deutschland das Experiment an mir selbst zu wiederholen. Ich habe mich dieses Versprechens erinnert und es im Herbst 1795. erfüllt. Ich liess mir wieder zwei Blasenpflaster auf den Musculus cucullaris der rechten und linken Schulter legen. — Ich ziehe diesen Ort aus vielfachen Gründen den Armwunden vor. Die Schulter- und Rückenmuskeln bieten eine grosse, ebene und bequeme Fläche dar, auf welcher man die Metalle sicher appliciren (und wenn der Körper wagrecht liegt) Stunden lang, wie auf einem Tische, ruhig experimentiren kann. Dazu ist es sehr gut, dass die leidende Person dem Galvanisiren nicht selbst zusieht. Annäherung der Metalle, Vorrichtungen zum Versuche spannen die Phantasie, setzen innere Reize in Thätigkeit, welche das Urtheil über die Wirkung äusserer Reize unsicher machen.—

Beide Blasen wurden aufgeschnitten, und die abgesonderte Feuchtigkeit aufmerksam untersucht. Sie war ungefärbt bis das Galvanisiren anfing. Nun erfolgte die Umänderung genau, wie bei dem ersten Experiment im Frühjahr 1795. Wo die Lymphe gegen die Bauchhöhle herab lief und von den Falten des Muskelfleisches aufgehalten wurde, ward die entzündete Stelle zollgross. Drückte man sie mit dem Finger, so traten die Blutkügelchen auf einige Secunden zurück und die Röthe verschwand. Ich konnte den Finger in die Feuchtigkeit

tauchen und mir Figuren, oder Namenzüge auf der Oberhaut mahlen, die (trotz des Abwaſchens) Stunden lang blutroth gefärbt blieben. Ich verſuchte, die entzündeten Streifen mit kaltem Waſſer zu waſchen. Sie nahmen aber unter unſeren Augen an Intenſität der Farbe und Gröſse (bis 2 Quadratzoll) ſo unaufhaltſam zu, daſs die Erſcheinung dem Arzte und mir ſelbſt bedenklich wurde, und wir den Rücken (ſogleich ohne groſsen Erfolg) mit lauwarmer Milch beſtrichen. So wirkſam übrigens dieſer Saft war, ſo war die entzündliche Röthe, die er erregte, doch völlig ſchmerzenlos.

Man muſs ihn daher nicht mit dem verwechſeln, welcher beim Hüftweh (wenn man es nach Cotunni's Methode behandelt) bisweilen die Cantharidenblaſe durchfriſst *), und wo er die Haut berührt, ſie unter empfindlichem Brennen wund macht.

Wie wunderſam zeigt ſich nicht bei dieſem Verſuche der Bau der thieriſchen Materie! Ein feiner Stoff **), den Organen mitgetheilt, oder aus ihnen abgeſondert, ändert in wenigen Augenblicken ihre Natur ab und nun quellen Flüſſigkeiten hervor, welche in ihren Elementen anders gemiſcht, oder geformt ſind, als ſie es vor der Reizung waren. Jeder Stimulus ändert die eigentliche Thätigkeit (Energie) der Gefäſse ab. Das gereizte Organ ruft Erſcheinun-

*) Vogel's Handbuch der praktiſchen Arzneiwiſſenſchaft. 2te Ausgabe T. 2. S. 217.

**) Vergl. Reil's Archiv der Phyſiologie B. 1. H. 1. S. 94. und 118. beſonders aber Cullen's *Lectures on the Materia medica ed. 2. p. 6.*

gen hervor, welche nach Verschiedenheit des Irritaments verschieden sind. In dem dädalischen Geflechte erregbarer Fasern zieht eine Veränderung die andere nach sich, und auf diesem Wege lernen wir wenigstens die Möglichkeit einsehen, wie der einzelne Hauch eines Pestkranken (das unwiegbare Atom eines gasförmigen Stoffes!) plötzliche Zerrüttung einer ganzen thierischen Maschine hervorbringen kann. Herr Blumenbach *) hat das unverkennbare Verdienst, durch seine Lehre von der vita propria der Gefäße ein großes Licht über diese Materie verbreitet zu haben. —

Da ich den Galvanischen Reiz an dem Alveolus eines ausgezogenen Zahnes, mehrern Handwunden und vier Blasenpflastern an mir selbst versuchte, da diese Experimente bisweilen ¾ Stunden lang fortgesetzt wurden, so bin ich vielleicht mehr, als irgend einer, im Stande die Empfindung zu schildern, welche diese Art der Reizung in entblößten Theilen hervorlocket. Schmerzhaft ist sie allerdings zu nennen und um so schmerzhafter, je erregbarer der Theil ist, welcher galvanisirt wird. Ich habe mehr, als einmal, die Bestätigung des Satzes, daß die Größe

*) S. dessen neueste Schrift *De vi vitali sanguini neganda vita autem propria solidis quibusdam corporis humani partibus adserenda* 95. In der Stelle gegen Gautier wird die Idee der *specific irritability* dem D. Blanc zu geschrieben. Mir scheint sie aber schon von Cullen deutlich entwickelt, S. *Lectures on the Materia medica ed.* 2. *p.* 198. Auch die Schrift des D. Mudge (*A radical and expeditious cure for a catarrhous cough*) welche ich mir noch nicht habe verschaffen können, muß manches über die specifike Reizbarkeit enthalten.

der Reizung x gleich ist dem Product aus dem Stimulus y, und der Reizempfänglichkeit der Theile z. (oder $x = yz$) recht eigentlich empfunden. Liefs ich meine Rückenwunden mit oxygenirter Kochfalzfäure, oder Oleum tartari per deliquium benetzen; fo glaubte ich von Gold und Zink (den wirkfamften Excitatoren) gereizt zu werden, wenn der Arzt mich nur durch zwei verfchiedene legirte Goldftücke galvanifirt hatte. Da y und z veränderliche Gröfsen find; fo mufs x fich gleich bleiben, wenn der eine Factor um fo viel abnimmt, als der andere verftärkt wird.

Die Empfindung, welche der Metallreiz erregt, hat für mich auch nicht die entferntefte Aehnlichkeit mit der des elektrifchen Ausftrömens. Es ift ein Schmerz fui generis, der nicht das knipfend-ftechende, abgefetzte, durchdringende hat, was das elektrifche Fluidum erwecket. Ich unterfcheide darin heftiges Pochen, einen ordentlichen Druck mit anhaltendem Brennen verbunden. Diefs Brennen ift ungleich empfindlicher, wenn die Wunde mit einer Silberplatte armirt und von einer Zinkftange in wenigen Berührungspuncten gereizt wird, als wenn eine Zinkplatte auf der Wunde liegt, und man die filberne Pincette zur Verbindung braucht. Der Druck ift oft fo heftig, dafs ich mit der geballten Fauft auf die Schulter gefchlagen zu werden glaubte, wenn alle Umftehenden verficherten, dafs man mich kaum mit den äufserften Rändern der Metalle leife berühre. So wie matte Frofchfchenkel oft beim Anfange des Galvanifirens, gar nicht, und nach drei- oder viermaligem Contact der Excitatoren lebhaft

zucken, so habe ich ebenfalls deutlich an mir selbst bemerkt, dass die ersten Schläge nur dunkel empfunden werden, die folgenden vier bis sechs aber lebhaft afficiren. Sollte der Stimulus selbst die Erregbarkeit der Organe erhöhen, so dass bei dem vierten Schlage zwar y sich gleich bleibt, aber z zugenommen hat? Oder verändert sich die Erregbarkeit nicht, und häuft sich dagegen y oder der reizende Stoff in den Muskelfibern an? Ich halte, bei der leichten Verflüchtigung so feiner Reizmittel, den erstern Fall für wahrscheinlicher.

Bis zur Abstumpfung meiner gereizten Nerven, durch fortgesetzte Stimulation, habe ich es nie bringen können. Wenn das Galvanisiren auch über $\frac{3}{4}$ Stunden lang wiederholt wurde, so blieb der Schmerz doch immer noch im Zunehmen. Noch am dritten Tage war die Wunde entzündet, und ich spürte deutlich den Unterschied zwischen der mehr gereizten linken Schulter und der rechten. Während des Contacts der Metalle waren alle Hals- und Schulter-Muskeln in sichtbaren wellenförmigen Bewegungen. Der Cucullaris schwoll mächtig auf, so dass sich seine Contractionen aufwärts bis ans Hinterhauptbein und die Stachelfortsätze des Rückenwirbelbeins fortpflanzten. Ja das Haar selbst sträubte sich am Nacken.

Diese Reizung oberhalb der galvanisirten Nerven (d. h. zwischen dem Puncte ihrer Armirung und ihrem Ursprunge aus dem Hirne) ist überaus auffallend. Denn man nimmt allgemein an, dass das galvanische Fluidum nur nach unten (vom Hirne ab-

wärts gegen die Extremitäten zu) wirke. Doch hat Herr Pfaff *) selbst an einem Frosche eine Beobachtung angestellt, die der meinigen analog ist.

Wenn das eine Metall die Canthariden-Wunde, das andere die unverletzte Oberhaut traf, so wurde — da die trockene Oberhaut der Thiere nicht leitet — weder Muskelbewegung noch schmerzhaftes Gefühl erwecket. Beide traten aber sogleich ein, als heterogene Metalle beide Wunden armirten und ein Eisendrath sie verband. Die Oberhaut bildete nun gleichsam eine 7—8 Zoll breite Brücke, unter welcher durch das Malpighische Netz die Zuleitung geschah. Eben so zuckten Froschschenkel auf meinem Rücken, wenn (F. 68.) Zink *m* auf der einen Wunde *u*, der Cruralnerv *n* auf der andern lag und ein silberner Conductor den Zink und die entblöfste Haut nahe an *n* (doch ohne *n* selbst zu berühren) reizte. Dieser Fall ist dem F. 51. analog, nur war hier das leitende Medium ein belebter Stoff. Wenn die Metalle sich nicht unmittelbar berührten und ein Stückchen Muskelfleisch sie trennte, also in der Formel $\underbrace{\text{Nerv. } P. H p.}$ so entstand weder Muskelbewegung, noch Schmerz. Beide traten ein, als die Wunde mit der alkalischen Auflösung benezt und also die Reizbarkeit erhöht wurde. Auch der Hauchversuch $\underbrace{\text{Nerv. } P. H. p. P.}$ gelang vollkommen und die Contractionen des Cucullaris verschwanden augenblicklich, als (in $\underbrace{\text{Nerv. } P. H. p. H. P.}$) beide Flächen des heterogenen Zwischenmetalls, *p*,

*) a. a. O. S. 149.

mit verdampfenden Stoffen belegt waren. Des Versuchs mit dem Eisendrathe, der mit meinen beiden Rückenwunden in Verbindung stand und mehreren Personen zugleich Lichterscheinungen und säuerlichen Geschmack auf der Zunge erregte, habe ich bereits oben im siebenten Abschnitte umständlich erwähnt.

Je mehr und je wichtigere Nerven von dem galvanischen Fluidum durchströmt werden, desto auffallender sind die Wirkungen der Reizung. Herr Achard, welcher mit einem besonderen Scharfsinne im Erfinnen von Experimenten begabt ist, hat zuerst am Menschen die Mundhöhle und den After mittels Zink und Silber verbunden und Schmerzen im Unterleibe, zunehmende Thätigkeit des Magens und Veränderung der Excremente erfolgen sehen. Allerdings hatte man so wichtige Folgen zu erwarten, da durch diese Application der Excitatoren der zweite Hauptast des fünften Paars, (Maxillaris superior) und der aus diesem, wie aus dem Glossopharyngeus, entstehende, grosse sympathische Nerv gleichzeitig gereizt wird.

Wem ist aber unbekannt, dass das Beckenstück des letzteren Nerven kleine Faden *) zum Mastdarm sendet, so wie das Cöliacische Nervengeflechte den grossen und kleinen Magenbogen umschlingt?

Eben diese Betrachtung, dass bei obigem Experimente die Mitleidenschaft aller Rumpfnerven erregt

*) Vergl. Walters Meisterwerk: *Tabulae nervorum thoracis* 83. *Tab. I. Fig. I.* 365. *f.* 2. 67. 69. 70.

wird, brachte mich auf die Idee, ob bei kleinen reizbaren Thieren nicht eine so heftige Art der Stimulation zur Wiedererweckung vom Scheintode genüzt werden könnte. Ich wählte Vögel zu dem Versuche aus, weil ich die Reizempfänglichkeit derselben für das galvanische Fluidum (welche ihrer Blutwärme proportional ist) aus Erfahrung kannte. Ich wartete bei einem sterbenden Hänfling die letzten sichtbaren Athemzüge ab.

Die Augen waren schon geschlossen, das Thierchen lag auf dem Rücken und mechanisches Prickeln mit einer Nadel am After brachte keine Spur einer Bewegung hervor. Ich eilte nun, ihm ein Zinkplättchen zwischen den Schnabel und Silber in den After zu stecken. Beide Metalle verband eine eiserne Kette und wie grofs war mein Erstaunen, als der Hänfling im Moment des Contacts, die Augen öffnete, sich aufrichtete und mit den Flügeln schlug! Er athmete nun wieder 6—8 Minuten ungehindert, bis er von neuem umsank und ruhig starb.

An zwei Canarienvögeln ist mir ein ähnlicher Versuch gelungen und ich zweifle nicht, dafs derselbe ein Mittel an die Hand giebt, Stubenvögel, welche ins Wasser gefallen und scheinbar todt sind, bleibend ins Leben zurück zu rufen. Die Methode ist gefahrlos, da keine künstliche Entblöfsung der Nerven dabei vorgeht; und wie sehnlichst wünscht man nicht oft die Wiederbelebung eines solchen Thierchens! Durch solche Entdeckungen kann die Physiologie einen Theil der grofsen Schuld abtragen, welche die thierische Schöpfung

wegen so vieler (oft unnützer) Metzeleien an sie zu fordern hat!

Petit *) bemerkte schon im Anfang dieses Jahrhunderts, dass bei Durchschneidung der sympathischen Nerven am Halse das Lichtloch verengt und das Auge getrübt wurde. Herr Arnemann hat diese Beobachtung bestätigt, und die Verbindung des vom Vidianus abstammenden tiefen Fadens mit dem Aste des sechsten Hirnnerven, so wie die Entstehung des sympathischen Nerven aus beiden, erklärt diese Erscheinung sehr fasslich. Auffallend war mir aber die Erfahrung, die ich mehrmals an mir selbst angestellt, dass bei dem Achardschen Versuche, wenn man das Silber etwas tief in den After hinauf schiebt, sich helle Blize vor beiden Augen zeigen. Ja! ich muss gestehen, dass keine andere Application der Metälle mir je dieses Licht in solcher Lebhaftigkeit gezeigt hat. Wer hätte wohl geahndet, dass man von dieser Seite her durch ein ganzes Labyrinth von anastomosirenden Nervenfasern die menschlichen Gesichtsorgane reizen könne! Auch zeigte sich hier abermals der seltene Fall einer galvanischen Wirkung gegen das Hirn zu. Die an dem Sehnerven anliegenden Ciliarnerven, auf deren Zusammenhang mit dem Narinus, Facialis, Nasalis superficialis inferior, Palatinus, Vidianus **) und Sympathicus es hier

*) *Memoires de l'Acad. des Sciences à Paris 1727. p. 137.*

**) Der Gaumennerven vereinigt sich nemlich mit den *Nasalibus super. posterioribus Nervi Vidiani.* Sömmering's Hirnlehre §. 230. S. 202.

ankommt, liegen ganz aufserhalb der Kette, welche die Metalle vom After zur Zunge bilden.

Wenn man einem lebendigen unverletzten Frosche mit einem seidenen Faden die Hinterschenkel zusammen bindet und ihn mit dem Steifs auf Zink setzt, so kann man ihn mit Zink im After reizen, ohne dafs er sich merklich bewegt. Kaum aber berührt man ihn mit Silber, so sprengt er die Fäden und thut einen oft acht Zoll weiten Satz. Nichts übertrift die Wirksamkeit eines solchen galvanischen Zinklavements! Wenn man ein bequemes Mittel fände, eine grofse Fläche des Mastdarms beim Menschen zu armiren, so würde dasselbe unstreitig bei Ertrunkenen den Tobaksklystiren weit vorzuziehen seyn! Die Versuche, welche die Herren Gentili, Creve und Starck an amputirten menschlichen Extremitäten angestellt haben, sind bereits in Pfaff's Schrift *) gesammelt. Aber merkwürdiger, als alle diese scheint mir folgende Beobachtung des Herrn D. Grapengieffer, welche ein grofses Licht über die Reizung unwillkührlicher Muskeln verbreitet. Dieser vortrefliche Mann, dem ich die frohesten und lehrreichsten Stunden der Unterhaltung verdanke und von dessen eifrigem Studium der Natur die Physiologie und Pathologie viel zu erwarten hat, ist gegenwärtig auf einer Reise nach Italien, Frankreich und England begriffen. Bei seinem Aufenthalte in Berlin hatte ich das Vergnügen, ihn mit meinen neuen Versuchen über den Wechsel der Erregbarkeit in

*) a. a. O. S. 112. und Herrn Creve's neues lehrreiches Werk: Vom Metallreize 1796. S. 77 — 83.

thierischen Organen, genau bekannt zu machen. Er versprach auf dem Wege, welcher ihm viel versprechend schien, selbst fortzuarbeiten; und wie sehr er Wort gehalten, wird folgender Auszug eines Briefs an mich beweisen: „Unter den vielen medicinischen „Merkwürdigkeiten zu Dresden, giebt es im Militärhospital einen Kranken, der besondere Aufmerksamkeit verdient. Dieser Unglückliche hatte seit „vielen Jahren einen grossen Hodensackbruch. Zufällig klemmte sich derselbe ein; man behandelte „ihn mit erweichenden Umschlägen und es entstand „unter starker Eiterung im Grunde des Bruchsacks „ein Loch, aus welchem jetzt ein Theil der dicken „Gedärme, nemlich das Coecum und Colon „transversum und ein Stück des Flexus iliacus heraus hängt. Die Lage ist dazu noch umgewandt, so dass die äussere Oberfläche der Eingeweide die innere geworden ist. Wenn der Mann „sizt, so hängen Colon und dünner Darm bis auf „die Knie herab und auf jeder Seite zeigt sich eine „Oefnung. Aus der einen kommt das Lavement „heraus, wenn er eines erhält, aus der andern der „Koth oder die unverdauten Speisen. Ohne Zeichnung ist es schwer, sich einen deutlichen Begriff von „diesem wunderbaren Situs zu machen. Zwischen „dem Colon und dem dünnen Darme ist ein dicker „derber Ring zu sehen, welcher beide Theile genau „trennt und das ganze Convolut stark zusammen „schnürt. Wahrscheinlich ist dies die valvula „coli, welche durch das Umkehren aller Eingeweide (da ihr innerer Rand auch nach aussen kam)

sehr

„sehr ausgedehnt worden ist, und ihre Bildung in so „vielen (sieben) Jahren verlohren hat. Ich nahm „mir sogleich vor, die Wirkung des Galvanismus „an diesen Theilen zu versuchen. Der Kranke war „sehr bereitwillig dazu und die Experimente, welche „du so häufig an dir selbst angestellet hast, liefsen „mich keine Art der Gefahr fürchten. Ich armirte „den einen Theil der Därme mit Silber und den an„dern mit Zink. Kaum waren beide Metalle im Con„tact, so wurde der motus peristalticus heftig „vermehrt. Mechanische Reizung brachte sehr lang„same und nur bei grosser Anstrengung sichtbare „Bewegungen hervor. Bei Anwendung des Metall„reizes hingegen folgten die Undulationen sehr „schnell und lebhaft auf einander. Der Kranke klagte „an der berührten Stelle über ein sonderbares Bren„nen. So wie bei deinen Rückenwunden die Secre„tion der lymphatisch serösen Feuchtigkeit vermehrt „wurde, so schien auch hier die Thätigkeit der „Schleimdrüsen und der aushauchenden Arterien „durch das Galvanisiren vermehrt zu seyn. Die Ab„sonderung des Därmesafts geschah in wenigen Au„genblicken so heftig, dass grosse Tropfen davon an „beiden Metallen herab liefen. Deiner neuesten Ver„suche über die Nervenwirkungen der Alkalien ein„gedenk, bestrich ich die Oberfläche des dünnen „Darms mit Oleum tartari per deliquium, „und zu meinem Erstaunen war nun, bei einerlei „Armatur, die wurmförmige Bewegung wohl sechs„fach verstärkt. Selbst das Brennen fühlte der Kranke „lebhafter, eine Erscheinung, die allein der erhöh-

„ten Reizempfänglichkeit zuzuschreiben ist. Denn „die Empfindung, welche die alkalische Solution „ohne Metallreiz für sich erregte, war äusserst schwach „und vorüber gehend. Da du die Unthätigkeit, oder „Erschlaffung des Magenmuskels gröfstentheils von „der deprimirenden Wirkung der Säure auf die Ma- „gennerven herleitest, so hätte ich gern auch Ver- „suche mit Säuren und andern unschädlichen Sub- „stanzen angestellt. Aber ich durfte die Gutmüthig- „keit des unglücklichen Mannes nicht länger miss- „brauchen."

Diese Erfahrungen, welche wir allein dem Beobachtungsgeiste des Herrn Grapengiesser verdanken, sind in mehr, als einer Hinsicht überaus merkwürdig und lehrreich. Nie hat ein Physiologe daran gezweifelt, dass die wurmförmige Bewegung der Därme unwillkührlich sey und dennoch sehen wir dieselbe ganz dem Metallreiz unterworfen. Wie irrig sind also die Behauptungen der Lombardischen Physiker, dass nur der Willkühr unterworfene Muskeln Erscheinungen des Galvanismus darstellen können! *) Ferner lehrt jener Versuch unwidersprechlich, dass der motus peristalticus der Därme alleinige Folge der Nervenreizung ist. Schon im Anfange des sechsten Abschnitts habe ich gezeigt, dass der galvanische Stimulus nur durch Armatur der sensiblen Fiber wirkt und, wo der Metallreiz Veränderungen in der thierischen Ma-

*) Auch bei dem Helix pomatia war es mir schon früher geglückt, den Darmkanal wirksam zu galvanisiren. Vergl. auch Pfaff a. a. O. S. 181.

terie hervor bringt, bin ich daher berechtiget, dieselbe für eine nahe, oder entferntere Wirkung gereizter Nerven zu halten. Ich hebe diesen Satz um so ausdrücklicher aus, weil der grosse Haller seine Lehre von der eigenthümlichen (von der sensiblen Fiber unabhängigen) Muskelreizbarkeit hauptsächlich auf die wurmförmige Bewegung des dünnen und dicken Darms stützt. Warum will man über den schönen Bau der vier Darmhäute und ihre Faserschichten, das ansehnliche Netz der bis in die Zellstoffhaut zu verfolgenden (von den Coeliacischen Knoten und dem plexu mesenterico superiori abstammenden) zahlreichen Nerven aus dem Auge verlieren? Wie viele Nervenfäden läst uns die Analogie nicht auf den Blutgefäsen und in den gedoppelten Häuten der tiefen Saugadern *) der flockigen innersten Darmhaut vermuthen? Unausführbar ist es daher, wie es Haller fodert, den Darmkanal, remotis nervis zu reizen **); jedes mechanische Stechen in die Muskelschicht eines Eingeweides trift wahrscheinlich einen Nerven selbst, oder seinen sensiblen Wirkungskreis. Fibröse Bewegung ist das gemeinsame Resultat der Nerven und Muskelfaser, und die Frage: welcher von beiden sie ausschliesslich, oder hauptsächlich zukommt, ist der gleich: ob eine Saugpumpe eher des Stempels als des Ventils entbehren könne? Diese Behauptung wird noch da-

*) Vergl. Sömmering's Eingeweidelehre 96. S. 314. und Hirnlehre §. 192.

**) Grundris der Physiologie 88. S. 305. Vergl. auch Mayer's Beschreib. des menschl. Körpers B. 3. S. 44.

durch bestätigt, dass dieselben chemischen Stoffe, welche die Thätigkeit der Eingeweide stimmen, gleiche Wirkung auf den Bewegungsmuskel äussern, wenn sie äusserlich mit den Bewegungsnerven in Berührung treten. Die Versuche aber, welche ich in dieser Rücksicht angestellt habe und welche einiges Licht auf die Verdauungsgeschäfte werfen, kann ich erst in einem folgenden Abschnitte umständlich entwickeln.

Wenn viele Physiologen mit Unrecht dem Darmkanale die Empfänglichkeit für den galvanischen Reiz absprechen, so fehlten sie noch mehr, indem sie diese Behauptung auf das Herz ausdehnten. Zu einer Zeit, wo das grosse Problem: ob ein so wichtiger unwillkührlicher Muskel eigene Nerven habe, oder ob diese nur den Gefässen zugehören, lebhaft bestritten ward, zu einer solchen Zeit war jener Irrthum nicht ohne Nachtheil für die Fortschritte der Physiologie. Herr Behrends *) stützte sich in seiner vortrefflichen Abhandlung über die Herznerven hauptsächlich auf jene Unwirksamkeit des galvanischen Reizes, und die Schnelligkeit mit welcher sich seine Lehre verbreitete, zeugt für die Begierde des Publicums, die Unabhängigkeit der Reizbarkeit von der Sensibilität durch eine recht auffallende Thatsache bekräftigt zu sehen. Unserem Landsmanne, Herrn Schmuck, gebührt das Verdienst, die Erregbarkeit des Herzens für das galvanische Fluidum zuerst bemerkt zu haben. Er stellte seine Versuche schon im October 1792, also

*) *Diss. qua demonstratur cor nervis carere. Mog.* 1792.

fünf Monathe früher, als Fowler, an. Dagegen glückte es diesem zuerst, den Tact des Herzens zu verändern, wenn die Armatur nicht an dem Herzmuskel selbst, sondern bei warmblütigen Thieren bloss an dem Tarvagum (Stimmnerven) und Sympathicus anlagen. Die Herren Pfaff, Ludwig, Creve und Webster *) bestättigten die Schmucksche Entdeckung, indem sie ähnliche Versuche an Froschherzen anstellten. Da aber bei denselben die Muskelfasern immer unmittelbar von den Metallen berührt worden waren, so entstand aufs neue der Verdacht einer mechanischen Reizung, und eine so wichtige Thatsache schien allerdings einer neuen Unternehmung werth **). Ich habe zu diesem Zwecke seit zwei Jahren mit meinem ältern Bruder eine Reihe von Versuchen angestellt, deren Resultate (so Geduldprüfend auch die Arbeit an sich war) sich doch in wenige Zeilen zusammen drängen läfst. Die berühmten Physiologen unter deren Augen wir oft experi-

*) Pfaff S. 121. und in der philosophisch geordneten Abhandlung S. 181 — 198. Creve in *Klein de metallorum irritamento veram ad explorandam mortem* 1794. *p.* 14. (Gren's neues Journal der Physik 1795. B. 1. S. 59.) Ludwig *scriptor. nevrolog. minores select. Tom.* 4. *p.* 408. *exp.* 3. Webster Thatsachen über Verbindung des Magens mit dem Leben 1796. S. 4. Creve in der neuen Schrift. S. 96.

**) Auch Herrn Scarpa's Stillschweigen über den Einfluss des Galvanismus auf die Herznerven, musste zu jener Untersuchung anreizen. Wie mich der grosse Mann mündlich versicherte, waren ihm bis zum Sommer 1795 alle galvanische Versuche mit dem Herzen misslungen. — Fowler's Versuch mit dem Stimmnerven erklärt Valli für eine Lüge.

mentirten und welche alle Nebenumstände prüften, sichern uns vor dem Verdachte der Selbsttäuschung.

Mein Bruder liefs hintereinander einen Fuchs und zwei Kaninchen schlachten. An allen dreien wurde das Herz schnell heraus genommen und ein Nervenfaden daran soweit präparirt, dass man ihn ohne das Herz zu berühren, armiren konnte. Hätte der Zink den Nerven, und das Silber den Muskel gereizt, so hätte der Versuch nichts erwiesen, als dass auch mechanische Berührung des Herzens Veränderungen der Pulsation hervorbringt.

Mein Bruder armirte daher blos die sensible Faser und bei jedem Contacte der Metalle wurde der Tact der Herzschläge sichtbar verändert. Sie nahmen an Schnelligkeit und vorzüglich an Stärke und Höhe zu. Da diese Zunahme jedesmal erst von dem Moment der Metallberührung am Nerven anhob, so folgt nach logischen Gesetzen daraus, dass sie mit jenem Contact in Causalverbindung steht. Wollte man einwenden, dass das Silber den Nerven und dadurch unmittelbar das Herz erschüttert habe und dass jede Erschütterung im Grunde eine mechanische Reizung sey, so wird dieser Zweifel durch den Gegenversuch gehoben, dass Berührung der Nerven mit Holz, oder mit einem einzelnen Metalle, keine Veränderung in der Pulsation hervor bringt. Bei allen drei Thieren war der Erfolg derselbe. Warum aber ist so vielen anderen Physikern dieser einfache Versuch misslungen? Hierauf läst sich antworten, dass zu jeder Reizung eine bestimmte Reizempfänglichkeit der erregbaren Theile gehört, dass es da-

her eben so sehr auf schnelle Präparirung der Theile, als auf die Nervenkraft des lebendigen Thieres selbst ankomme. Tausende von Fröschen werden nur bei kettenförmiger Verbindung der Metalle gereizt. Ist darum mein Versuch Fig. 9. weniger wahr? Aber auch noch andere Umstände, (wie mein Bruder sehr richtig in einem neueren Briefe an mich bemerkt) machen die Erscheinung verwickelter. Es ist unmöglich, ohne nicht jede Spur der Lebenskraft aus dem Organ entweichen zu lassen, den ganzen Plexus der Herznerven *) zu armiren. Man ist froh, wenn man in der Schnelligkeit nur einen oder zwei Faden sauber heraus präparirt hat. Dazu sind diese Fäden so dünn und fein, dafs sie dem Metalle eine unendlich kleine Fläche darbieten. Kein Wunder daher, wenn ein Stimulus bisweilen nicht wirkt, der unter so ungünstigen Verhältnissen angebracht wird?

An dem Herzen der Frösche, Eidexen und Kröten, mifslingen mir die galvanischen Versuche fast nie. Die beweisendste Methode, nach welcher ich sie anstelle, ist die, dafs ich zwei, fünf bis sechs Linien lange Stücke Muskelfleisch, oder von einer andern leitenden Substanz (z. B. Morchel) nach zwei entgegengesetzten Richtungen an das Herz anlege. Diese beiden Stücke werden nun mit Zink und Silber armirt. Hatten die Pulsationen bereits vor 4 — 5 Minuten ganz aufgehört, so entstehen sie, bei dem jedesmali-

*) Diejenigen Versuche, in denen nicht Herznerven, sondern Gehirn und Rückenmark armirt werden, wie in dem 2ten, 3ten, 5ten und 6ten Experiment des Herrn Behrends, scheinen ganz unentscheidend zu seyn.

gen Contact der Metalle, augenblicklich wieder und dauern oft 2 — 3 Minuten unaufhaltſam fort. Iſt die Muskelkraft bereits mehr geſchwächt, ſo erfolgt durch das Durchſtröhmen des galvaniſchen Fluidums nur eine einzige Contraction. Experimentirt man an einem noch pulſirenden Herzen, ſo zähle man die Pulſationen in einer Minute. War ihre Anzahl z. B. 21, ſo werden in der folgenden Minute, wo das Herz galvaniſirt wird, 38 oft 42, entſtehen. Pulſirt das Herz ſo langſam, daſs nur alle 25 Secunden ein Schlag erfolgt, ſo laſſe man die Metalle ſich den Augenblick nachher berühren, nachdem ein Schlag erfolgte. Man bemerkt dann unausbleiblich, daſs 4 — 5 Pulſationen in 8 — 10 Secunden auf einander folgen. Was kann entſcheidender ſeyn, als dieſe Verſuche, in denen das Herz auf einer Glasplatte von allen Metallen entfernt bloſs durch Zuleitung gereizt wird? Ja dieſe Erſcheinungen ſind denen an willkührlichen Muskeln ſo ganz analog, daſs wie bei jenen, alſo auch beim Herzen, Contractionen auf den Metallreiz erfolgen, wenn mechaniſcher Druck und Kneifen, oft ſchon gar keine Veränderung in dem Organe hervorbringen. Bei dem Herzen einer Ratte glückte es mir, die zuleitenden Muskelſtücke ſo zu verlängern, daſs die Armaturen über zwei Zoll weit von denſelben ablagen. Als es bereits ganz zu pulſiren aufgehört hatte, legte ich es mit einem ebenfalls ruhenden Froſchherzen in Berührung und nun erweckte das galvaniſche Fluidum, indem es durch beide durchſtrömte, in beiden gleichzeitige Contractionen. So wie Fiſchherzen nach meinen Verſuchen

am Reizempfänglichſten für die oxygenirte Kochſalzſäure ſind, ſo werden ſie auch vom Metallreize am lebhafteſten afficirt. Ich hebe aus meinen Collectaneen nur zwei Experimente heraus, welche ich mit meinem Freunde, Herrn Fiſcher, zu Leipzig anſtellte. Das Herz eines Cyprinus Carpio, war bereits ſo matt, daſs wir in 4 Minuten nur einen Schlag zählten. Mechaniſche Berührung beſchleunigte ſeine Pulſationen nicht. Ich galvaniſirte es durch Zuleitung (d. h. mittels angelegter Muskelſtücke) und von nun an folgten in der

1ſten	Minute	35	Schläge.
2ten	—	31	—
3ten	—	23	—
4ten	—	12	—
5ten	—	3	—

Eine abermalige Anwendung des Metallreizes vermehrte die Zahl der Pulſationen von 3 wieder bis 25, und wir unterhielten die Bewegungen ſo über eine Viertelſtunde lang. An dem Herzen des Cyprinus Tinca waren die Reſultate faſt eben ſo auffallend. Auch gehorchen die Muskelfaſern des Herzens nicht bloſs den wirkſamſten Metallen, wie Zink und Silber, Zink und Gold. Ich beſinne mich, im Frühling 1794 bei meinem Aufenthalte in Pohlen, Fiſche aus der Weichſel ſecirt zu haben, welche ſo erregbar waren, daſs ſelbſt Eiſen und Silber, ja Kupfer und Blei die Pulſationen ihres Herzens im Tacte veränderte.

Nach ſo vielfachen Verſuchen bleibt es alſo wohl keinem Zweifel unterworfen, daſs der Me-

die Muskelfasern des Herzens ergiefsen? Wenn daher die zuleitenden Stücke Muskelfleisch die Fläche des Herzens berühren; so ist es höchst wahrscheinlich, dafs sie mit einem Faden des Herzgeflechtes selbst in Contact stehen.

Gesetzt aber auch in der ganzen Muskelsubstanz des Herzens, sey nur ein einziger Nervenfaden und dieser liege fern von den zuleitenden Körpern oder (falls die Metalle das Herz unmittelbar armiren) fern von diesem ab, so mufs, den vorhin entwickelten Gesetzen des Galvanismus gemäfs, der Erfolg doch derselbe seyn, als er sich bei dem unmittelbaren Contacte jenes Nervenfadens zeigen würde. Die Muskelfasern sowohl als die Knorpelfäden (textus cartilagineus) des Herzens sind nicht blofs als feuchte Stoffe, sondern schon wegen ihrer eigenthümlichen chemischen Mischung leitende Substanzen. Der vorliegende Fall reducirt sich also blofs auf die oben erwähnten von mittelbarer Armirung. (Vergl. Fig. 51. und 68.). Auch die sensibeln Wirkungskreise mögen hiebei (wie bei dem Problem über die Empfindlichkeit aller Puncte der Oberhaut) eine wichtige Rolle spielen. Denn bei mehreren einfächerigen Fischherzen habe ich bemerkt, dafs der

„Thiere, die reizbar sind, ohne Nerven zu haben, sind „entweder nicht genau genug untersucht, oder sie scheinen eine gewisse Nervensubstanz, welche aber nicht Nervenfaden bildet, sondern in die feinsten Theile des Körpers verwebt ist, zu besitzen." Diese Vorstellungsart verdient gewifs die Aufmerksamkeit derer, welche sich mit Zootomie und Physiologia comparata beschäftigen.

Metallreiz heftiger wirkte, wenn die zuleitenden Subſtanzen an dem Urſprunge der groſsen Gefäſse, als wenn ſie an der Spitze des Herzens anlagen.

Zehnter Abſchnitt.

Urſachen der galvaniſchen Erſcheinungen. — Zu welchen Erwartungen die Unterſuchung derſelben berechtigt. — Elektriſche Flaſchentheorie der Bologner Schule. — Valli. — Ob die erregbaren Organe ſich bloſs leidend, für einen äuſsern Reiz empfänglich verhalten. — Eigenthümliche elektriſche Ladung der Metalle. — Volta's ſinnreiche Theorie über das, durch die Berührung von drei Stoffen geſtöhrte Gleichgewicht der Elektricität. — Erfahrungen, welche dieſe Theorie widerlegen. — Beweis, daſs der Stimulus in den Organen ſelbſt enthalten iſt, weil dieſe für ſich galvaniſche Erſcheinungen äuſsern. — Stuffenfolge der Bedingungen, unter denen ſich der Metallreiz bei abnehmender Reizempfänglichkeit noch wirkſam zeigt. — Des Verfaſſers Theorie von einem, in den Organen angehäuften Fluidum und deſſen Verſtärkung durch Hinderniſs. — Verſuch, alle Erklärungen auf conſtruirbare Begriffe zu reduciren. — Die neue Theorie ſchlieſst die Mitwirkung anderer Urſachen, z. B. den Einfluſs der eigenthümlichen Ladung der Metalle, ihrer Temperatur, die Zerſetzung von Flüſſigkeiten, nicht aus. — Ob die Annahme eines überſtrömenden Fluidums unbedingt nothwendig ſey. — Rückblick auf den Zuſtand unſrer atomiſtiſchen Naturlehre. — Verſuch, einer rein dynamiſchen Erklärung. — Wie die unphiloſophiſche Annahme ſpecifik verſchiedener Materien unſchädlich und bei der jetzigen Lage der Wiſſenſchaften fruchtbar wird. — Sind galvaniſches und elektriſches Fluidum identiſch? — Neue Verſuche gegen die Identität. —

Ist das galvanische Fluidum eine Modification des elektrischen? — Zergliederung dieser Frage. — Uebersicht dessen, was wir von der chemischen Zusammensetzung der Elektricität wissen. — Es ist gar nicht erwiesen, daſs die sogenannten elektrischen Fische elektrische Erscheinungen geben. — Verhältniſs der magnetischen Kraft zu den sensiblen Organen. — Vielleicht verhalten sich galvanisches, elektrisches und magnetisches Fluidum, wie Blut, Milch und Pflanzensäfte gegen einander. — Welche Rolle die Feuchtigkeit, durch Verdampfung und Zersetzung, spielen kann. — Wirkung des Oxygens. — Zweifel gegen Herrn Creve's Erklärungen. — Besondere Wirkungen des Zinks. — Neue Versuche über die Wasserzersetzung bei Berührung heterogener Metalle. — Atmosphären der belebten Organe. — Muthmassungen darüber.

In den vorstehenden neun Abschnitten dieses physiologischen Werkes habe ich die Erscheinungen des Galvanismus in ihrem ganzen Umfange geschildert. Ich bin von den einfachern Bedingungen, unter denen sie eintreten, zu den zusammengesetzteren übergegangen. Ich habe mich bemüht, nicht bloſs die inneren Verhältnisse der galvanischen Kette zu untersuchen, sondern auch die Wirkungen des Metallreizes auf die ganze organische (oder erregbare) Schöpfung zu betrachten. Wenn ich auch gleich dabei Gelegenheit fand, mannichfaltige chemische, zootomische und physiologische Bemerkungen einzustreuen, so habe ich mich dennoch sorgfältig gehütet, bis hieher eine Vermuthung über die Ursachen des Galvanismus und über die Rolle, welche bekannte Naturkräfte vielleicht dabei spielen, zu äuſsern. Ich habe mir vielmehr die

Pflicht aufgelegt, alle Thatsachen, welche sich unmittelbar auf den Metallreiz beziehen, so isolirt als möglich darzustellen, theils um zu zeigen, wie weit dieser neue Zweig unserer Erkenntniss bereits ausgebildet ist, theils um dem Urtheile des Lesers nicht durch erregbare Nebenideen vorzugreifen. Sollte daher diess Werk das Glück haben, (und welcher Experimentator schmeichelt sich nicht mit dieser Belohnung?) dass es auf eine künftige Generation überginge, so wird jene Zusammenstellung reiner Thatsachen auch dann noch einiges Interesse erwecken, wenn Physik und Chemie bereits eine ganz andere Gestalt angenommen haben.

Jetzt ist es Zeit, die grossen Erscheinungen des Galvanismus in ihren Verhältnissen zu andern Naturkräften zu betrachten. Wenn der Geognost die einzelnen Richtungen der Gebirgsketten und Thäler, die Schichtungen des Gesteins und seine Bestandtheile mühsam erforscht hat, tritt er auf eine Anhöhe, um von da aus den Zusammenhang des Ganzen besser zu fassen und über seine Bildung nachzudenken. Eben so müssen auch wir uns jetzt auf einen höhern Standpunct erheben, um so vielfache Erfahrungen unter einen Gesichtspunct zu fassen, und Einheit des Gesetzes zu suchen, wo alles sich dem Gesetze zu entziehen scheint. Da wir eine grössere Masse von Thatsachen vor uns haben, als diejenigen achtungswerthen Männer, welche bisher über die Ursachen des Metallreizes speculirten, so dürfen wir zwar hoffen, auf einem sicherern Wege fortzuschreiten. Doch müssen wir nicht vergessen, dass die sogenannten Ge-

setze der empirischen Naturlehre auf einer Induction beruhen, von deren Vollständigkeit wir, da es an einem Criterium *) derselben fehlt, nie apodiktisch überzeugt seyn können. Unsere Bemühungen mögen daher unsere Erfahrungserkenntniss auf noch so mannichfaltige Weise berichtigen und erweitern, so werden sie dennoch nie zu den unerschütterlichen Resultaten führen, welche nur in Erfahrungswissenschaften zu erwarten sind.

Bevor man sich an die Untersuchung eines Problems wagt, ist es nothwendig, das Problem selbst genau zu bestimmen. — Gesetze, wie sie der fünfte Abschnitt entwickelt, zählen die Bedingungen auf, unter denen eine Erscheinung erfolgt, oder nicht erfolgt. Sie sind allerdings die wichtigsten Grundpfeiler empirischer Wissenschaften, sie sind fast das einzige gewisse Ziel, wonach Chemie, Physik, oder Physiologie der organischen Stoffe hinstreben können, aber sie geben nicht das Verhältniss an, aus welchem die Möglichkeit der Erscheinung, d. i. ihr ursachlicher Zusammenhang erkannt werden kann. Wir verlangen nicht bloss zu wissen, ob galvanische Contractionen in Ketten von homogenen, oder heterogenen, von verdampfenden oder nicht verdampfenden Metallen eintreten, sondern wir wollen das Gemeinsame aller dieser Bedingungen heraus gehoben haben; wir wollen dargethan sehen, warum zwischen zwei homogenen Metallen ein heterogenes gleich unwirksam ist, es mag ganz trocken, oder auf

bei-

*) Newtonis *Philosophiae naturalis principia lib. III.*

beiden Flächen benetzt seyn. Wir wollen also hier nicht auf Gesetze, sondern auf Ursachen der Erscheinungen geführt werden, die freilich ihrer Natur nach wieder Erscheinungen sind!

Diese Prüfung der Ursachen des Galvanismus, hat das Aehnliche mit allen Arbeiten der Art, daſs sie mehr zur Bestreitung älterer Theorien, als zur Gründung einer neuen und sicheren hinleitet. Man werfe einen Blick auf die physikalischen Disciplinen, wie sie Herr Gehler in ihrem ganzen Umfange geschildert hat, und man erstaunt darüber, das Phänomen des Regenbogens, weil es auf construirbaren Begriffen beruht, allein vollständig erklärt zu sehen. Dennoch ist seit 2000 Jahren kein Versuch beschrieben worden, über den nicht zahlreiche Hypothesen aufgestellt sind; ja man hat selbst Erscheinungen erklärt, welche nie erfolgt und aus Muthwillen erdichtet wurden. Je inniger das Verkehr ist, in welchem dieselben mit den Wirkungen des Organismus und der Lebenskraft selbst stehen, desto undurchdringlicher ist das Dunkel, in welches die Ursachen gehüllt sind, desto freier aber auch der Spielraum, welcher dem Erfindungstriebe der Phantasie geöffnet wird. Kein Wunder daher, wenn der erste Beobachter, welcher einen Froschschenkel durch Anlegung von Metallen zucken sah, sogleich eine Theorie entwarf, welche der zweite Versuch widerlegte!

Das galvanische Phänomen ist ein Phänomen der Reizung. Gewisse Stoffe, in kettenförmige, oder anderweitige Verbindung mit erregbaren Organen ge-

bracht, veranlassen diese, aus dem Zustande der Ruhe in den der Thätigkeit überzugehen. Sie veranlassen die Muskelfaser sich zu verkürzen, die Nerven des Gesichts und Geschmacks, die ihnen eigenthümlichen Empfindungen hervor zu bringen; sie veranlassen die Gefäfse Säfte von verschiedenartiger Mischung zu bereiten und abzusondern. Wo ist der Reiz, Irritamentum, der alle diese Veränderungen hervorruft? Wird ein fremder reizender Stoff von aufsen her den Organen beigemischt? Wird aus ihnen selbst einer ihrer Bestandtheile abgeleitet und dadurch ihr Mischungszustand modificiret? Oder bleibt ihre chemische Verbindung dieselbe, und geht eine Veränderung der Form, und relativen Lage, durch mechanische Schwingung und Erschütterung vor? Spielt eine uns schon bekannte Naturkraft, das elektrische, oder magnetische Fluidum, der Lichtstoff, das Oxygen, das Azote, oder der Wärmestoff, oder mehrere derselben zugleich, oder einige durch den Einfluss der Lebenskraft anders modificirte (verlarvte) Naturkräfte eine Rolle dabey? Diese und zahllose andere Fragen drängen sich dem Beobachter galvanischer Erscheinungen auf. Je unerkannter und räthselhafter die Ursachen derselben sind, desto gröfser ist der Reiz, mit welchem sie unsere Aufmerksamkeit auf sich ziehen und unsere Erwartungen spannen.

Fast zwei Jahrzehende früher, als der grofse Physiologe zu Bologna die ersten Spuren des Metallreizes an seinem Gartengeländer beobachtete, hatte ein Mann, den Deutschland unter seine vortrefflichsten Mathematiker zählet, gleichsam die Entdeckun-

gen geweissaget, welche gegenwärtig die Naturforscher der beiden Hemisphären *) beschäftigen. Die mannigfaltigen Aeufserungen natürlicher Elektricität, welche man an den thierischen Körpern beobachtet, leiteten Herrn Klügel **) auf die Idee, dafs in den Nerven und Muskelfasern wohl entgegen gesetzte Elektricitäten angehäuft seyn möchten und dafs durch Verbindungen derselben die Muskelbewegung hervor gebracht werden möchte. Eben diesen Begriff der Entladung abstrahirte Galvani aus seinen ersten Nervenversuchen. Sein Scharfblick liefs ihn allerdings gleich sehen, dafs wenn die Contractionen von einem durch ungleiche Vertheilung reizenden Fluidum abhängen, diefs Fluidum in den erregbaren Organen selbst angehäuft seyn mufs. Aber der Entdecker war zu voreilig in Bestimmung jener örtlichen Vertheilung. Er griff schnell zu der Analogie der Kleistischen Flasche, wiefs der äufsern Seite der Muskelfläche und den Nervenscheiden negative, der inneren und der Medullarsubstanz der Nerven posi-

*) Wirklich sind zu Calcutta galvanische Versuche an bengalischen Amphibien angestellet worden. Da einige Thiere der heifsen Zone eine so ungeheure Muskel- und Nervenkraft besitzen, so läfst sich von jenem Unternehmen manches Nützliche erwarten. Wird z. B. bei der Muskelbewegung ein eigenes Fluidum abgesondert, so ist dasselbe bei jenen Thieren unstreitig leichter, als bei schwächern wahrzunehmen. Ich erinnere nur an den Versuch des Herrn Kühn mit der Batterie von 20 Fröschen, dessen ich im ersten Abschnitt erwähnt habe.

**) Gren's Journal der Physik H. 18. S. 408. Klügel's Encyclop. Th. I. S. 482. Ingenhoufs Vermischte Schriften B. I. S. 29.

tive Elektricität an, und betrachtete die Muskelfasern als an einander gereihte Leidner Flaschen.

Einem Genie, dem seine Zeitgenossen eine so grofse Entdeckung verdanken, verzeiht man gerne ein solches theoretisches Luftgebäude. Ist der Weg zu einer Hypothese einmal gebahnt, so ist es bequem und anlockend auf demselben fortzuwandeln. Man ebnet ihn, nennt ihn den einzig geraden und richtigen, setzt Straf- und Warntafeln für die, welche ihn verlassen wollen, und entgeht durch allmählige Krümmungen den Hindernissen, die ihn abzuschneiden scheinen — So beruhigte man sich bis zu Galilaei's Zeiten bei dem Abscheu vor der Leere; so beruhigte man sich bis Herr Volta auftrat, mit der galvanischen Flaschentheorie. Kaum hatte dieser aber eine neue Bahn empfohlen, so boten die Bologner Physiker ihren ganzen Scharfsinn auf, um der ihrigen den Vorzug zu erhalten. Herr Aldini stellte eine lange Reihe der feinsten Versuche an, um die Analogie zwischen dem geladenen Muskel und der geladenen Flasche zu beweisen *). Schade nur, dafs man, wie bei ähnlichen Versuchen so oft der Fall ist, bei den verwickelten Bedingungen stehen bleibt, statt die einfachen Grundpfeiler der neuen Theorie zu untersuchen.

Ich werde mich nicht dabei aufhalten, die Meinungen der Bologner Schule aufs neue zu entwickeln. Herr Pfaff hat diefs schon längst mit der ihm eignen Klarheit gethan und der Entwickelung eine

*) *De animali electricitate Diss. II.* 1794. *p.* 35—40.

gründliche Widerlegung beigefügt *). Auch beſtreiten ſchon die älteſten bekannten Verſuche jene Flaſchentheorie vollkommen. Gedenkt man aber der neuern, welche ich angeſtellt, z. B. der Fig. 9 — 12. ſo wird der Widerſpruch noch auffallender. Ein Nerv mit ſeiner Scheide verſehen, ruht auf einer Armatur von Zink; unter dem Theil des Nerven, wo die Trennung geſchehen iſt und die Medullarſubſtanz heraus quillt, liegt iſolirendes Glas, ſo daſs der Zink ſchlechterdings nur die eine äuſsere Fläche der ſenſiblen Fiber berührt. Ein anderes homogenes, oder heterogenes Metall *N.* tritt mit jener Armatur *M.* irgendwo, ſey es auch 8 Zoll weit vom Crural-Nerven ab, in Contact, ſo zucket der Schenkel, ohne daſs *N.* ſich auch nur von ferne dem Nerven, oder Muskel genähert hätte. Wo iſt bei dieſem einfachen Falle eine Zuleitung von der äuſseren und inneren Fläche? Wurde die Flaſche nicht entladen, indem der Crural-Nerv auf die Armatur *M.* gelegt ward? Wie wirkte das Metall *N.* auf die Entladung? In meinem Verſuche Fig. 51. iſt der Nerve mittelbar (durch Zuleitung) armirt. Die Contraction tritt ein, wenn bloſs der zuführende Stoff, nicht aber das erregbare Organ berührt wird. Wie kann die galvaniſche Hypotheſe dieſe Erſcheinung enträthſeln! Strömt aus der äuſſern und innern Fläche der Nerven + *E* und — *E* in den leitenden Stoff *S* über, ſo muſs ja dort ſchon

*) a. a. O. S. 329—339. Vergl. auch Volta's zweiten Brief an Herrn Vaſſali, der den genialiſchen Mann lebhaft charakteriſirt. Gehler's Wörterbuch B. V. S. 290.

von selbst die Entladung geschehen? Wie kann also der silberne Bogen *p* als Entlader wirken, da er die Organe selbst nirgends berührt?

Die Idee, daſs Muskeln und Nerven gleichsam Leidner Flaschen vorstellen, schien durch Hunters merkwürdige Zergliederung *) des Zitteraals aus Cayenne begünstigt und Aerzte von Ansehen, wie Beddoes und Darwin **) führten sie weiter aus. Der letztere suchte die Verkürzung einer Muskelfaser sogar durch einen analogen elektrischen Versuch zu erläutern. „Zwanzig sehr kleine Leidner Fla-„schen hängen in einer Reihe an feinen seidenen Fä-„den in einer kleinen Entfernung von einander. Die „innere Ladung der einen Flasche sey positiv und die „andere negativ, wechselsweise. Wenn nun eine „Communication gemacht wird von der innern Ober-„fläche der ersten nach der äuſsern Oberfläche der „letzten in der Reihe, so werden sie sich alle einan-„der nähern, und so die Linie in der sie hängen, wie „eine Muskelfaser verkürzen." So sinnreich auch dieſs Experiment ausgedacht ist, so geringe Analogie

*) *An account of the gymnotus electricus* in den *Phil. Transactions Vol.* 65. *P.* 2. *p.* 395.

**) *Medical extracts Vol. II. p.* 118—126. (Um Verwechslungen zu vermeiden, hole ich den vollständigen Titel dieser Schrift hier nach: *Medical extracts, being a concentrated view of some late discoveries in Chimistry an the new theory and practice of physic, thereby introduced by a friend to improvements. Vol. I. London* 94. *Vol. II. on the nature of health with practical observations and the laws of the nervous and fibrous systems.* 95.) *Darwin Botanic Garden Cant. I. p.* 202. *Zoonomie Th. I. S.* 105.

zeigt es mit dem einfachen Muskelbau. Kürzer wäre es ja noch, ſich alle Muskelfaſern im Augenblicke der Turgescenz als poſitiv elektriſch, oder alſo nach einem Durchmeſſer ſich abſtoſsend, nach einem anderen ſich nähernd, zu denken. Aber ſind die irritablen Faſern denn wirklich parallellaufende, ſich nicht berührende Cylinder? Haben nicht Leeuwenhoek und Prochasca gezeigt, daſs die ſogenannten einfachen Muskelfaden des Herzens, der Harnblaſe, und des Schlundes äſtig und in einander verwebt ſind? Läuft nicht Zellſtoff nach allen Richtungen queer durch die Längenfaſern durch? Iſt die ganze Muskelſubſtanz, beſonders bei Kindern, nicht einem feuchten Gallerte gleich? Wo iſt alſo hier Vertheilung ungleichartiger Elektricitäten denkbar, wo faſt jedes Element von einem leitenden Stoffe umgeben iſt? Eben dieſe Schwierigkeit findet ſich bei dem Nerven von dem ein Theil der Subſtanz $+ E$, ein anderer $- E$ leiten ſoll, eine Meinung, welche der, des groſsen Mainzer Zergliederers *) nahe kommt, nach welcher einer Portion Fäden die Spannkraft, einer andern das Empfindungsvermögen zugeſchrieben wird. Beſteht das Innere eines Nervenbündels nicht ebenfalls aus anaſtomoſirenden Strängen und erfolgt die Reizung des Muskels nicht, wenn man jenen Nervenbündel, der Länge nach, in die feinſten Fäden zerfaſert und einen dieſer Fäden armirt? Sollte man bei dieſer endloſen Theilung immer noch zwei heterogene Faſern zugleich

*) Sömmering's Hirnlehre 1791. S. 151.

fassen, von denen die eine positiv, die andere negativ geladen ist?

Wir verlassen demnach diese Flaschentheorie, welche wohl eben so bald vergessen seyn möchte, als die mühsamen Berechnungen, welche Sauvages im Essai sur la fievre über die Schnelligkeit der Lebensgeister angestellt hat. Galvani's Name wird dieser Vergessenheit von selbst entgehen. Ein kommendes Jahrhundert wird seine Entdeckungen benutzen, und wie sich Herr Brandes ausdrückt *) „erkennen, dass ihm und Harvey die „Physiologie in gleichem Maasse die Grundpfeiler „ihres Gebäudes verdankt." Auch übergehe ich Valli's Theorien der thierischen Bewegungen, von welchen die frühere der galvanischen Hypothese sehr analog, die letztere aber so verworren ist, dass sie beinahe durch jeden Versuch über den Metallreiz widerlegt wird **).

In diesen Vorstellungsarten hatte man den wirksamen Stimulus immer in den erregbaren Organen selbst gesucht. Wie, dachten andere Physiker, wenn diese Organe nur eine bloss leidende Rolle dabei spielten, wenn der Reiz von den Metallen selbst herrührte und der Nerv sich dabei bloss als elektroskopische Substanz zeigte. In Deutschland äusserte diese Idee zuerst Herr Reil ***) und sie schien

*) Versuch über die Lebenskraft. Hannover 1796. S. 82.

**) Vergl. Pfaff a. a. O. S. 339—343.

***) Gren's Journal der Physik B. 6. S. 402 und 411. Reil et Gautier *de Irritabilitate* 93. *p.* 133.

allerdings der damaligen geringen Anzahl von Erfahrungen, die man vor sich hatte, sehr angemessen zu seyn. Der älteste galvanische Versuch *), in dem ein Froschschenkel zuckte, wenn ein Metall seinen Nerven in der Nähe einer ausströmenden Elektrisirmaschine berührte, zeigte die grosse Empfindlichkeit der sensiblen Fiber für das elektrische Fluidum. Herr Reil machte ähnliche Erfahrungen an Menschen, welche sich einen Conductor auf das Armgelenk aufsetzten. Volta sah einen Muskel lebhaft erschüttert werden, wenn er ihm eine so schwache Ladung gab, dass sie kaum $\frac{1}{40}$ des kleinsten am Bennetschen Elektrometer bemerkbaren Grades ausmachte. Ja! wie gering ist der Antheil von Luftelektricität, welche bei fernem Gewitter nervenkranken Personen oft Angst und Leibweh verursacht? Die Herren Reil und Gren glaubten, dass durch Reibung der Metalle Elektricität frei gemacht und in die Nerven geleitet werden könnte. Die ältern Hemmerschen Versuche scheinen überdiess die Möglichkeit dieser Entbindung zu bestätigen **), und mehrere Physiologen fingen an, sie für die gemeinsame Ursache galvanischer Erscheinungen zu halten.

Bei den Fortschritten, welche wir dermalen in der Experimentalphysiologie gemacht haben, dürfen wir uns aber mit dieser Vorstellungsart schlechterdings nicht befriedigen. Herr Reil, welcher sie ehemals in Schutz nahm, hat sie selbst wiederum aufgegeben und dadurch gezeigt, wie sehr es ihm um

*) Gehler's Wörterbuch Th. V. S. 270.

**) Rozier *Journal de Physique* 1780. *Juillet.*

Thatsachen und nicht um Meinungen zu thun ist. Wahr ist es allerdings, dass Metalle, auch wenn sie nicht gerieben werden, sich immerfort in einem Zustande schwacher Ladung befinden.

Herr Bennet hat interessante Erfahrungen hierüber mit seinem Duplicator gesammelt. Auch war diese Ladung wohl a priori zu vermuthen. So wie alle in das Luftmeer eingetauchte Substanzen, nach ihrer verschiedenen Capacität für den Wärmestoff eine verschiedene Menge desselben binden und einen ungleichen Ueberfluss frei auf ihrer Oberfläche zurück lassen, so müssen Siegellack, Metalle und Holz (idioelektrische Stoffe, Leiter und Halbleiter) bei der elektrischen Ebbe und Fluth des Dunstkreises, ebenfalls nach dem Grade ihrer Capacität mehr, oder weniger freien elektrischen Stoff in sich anhäufen. War der freie Wärmestoff ein Gegenstand des Thermoskops, so muss das ungebundene elektrische Fluidum eben so das Elektroskop afficiren, oder in die Condensatoren und Duplicatoren übergehen. Aus eben diesem Zustande schwacher Ladung erklärt Herr Hube sehr scharfsinnig auch das schon von Gersten und du Fay *) beobachtete Factum, dass der Thau von Metallplatten und belegten Glastafeln abgestossen, von unbelegten angezogen wird. Herr Lampadius **)

*) Hube über die Ausdünstung und ihre Wirkung in der Atmosphäre 1790. Cap. 35. Gersten *Tentamen Systematis novi ad mutat. barometri ex natura elateris aërii demonstrat.* 1733. Du Fay *sur la Rosée* in den *Memoires de l'Academie de Paris pour l'an* 1763. *p.* 342.

**) Lampadius Versuche über die Elektricität

welchem die Meteorologie lehrreiche Versuche verdankt, hat zwar diese Erklärung bestritten, weil nach seiner Erfahrung der Stanniol auch unbethaut blieb, wenn er im Grase und also im Contact mit der Erde lag. Er glaubt, dass das Metall, da es in leitender Verbindung stand, seine Elektricität nicht hätte erhalten und also auch keine elektrische Repulsionskraft hätte ausüben können. Wenn aber auch alle in das Luftmeer eingesenkte Stoffe ein unaufhörliches Bestreben äussern, sich in ein Gleichgewicht freier Wärme und freier Elektricität zu setzen, so folgt daraus doch wohl nicht, dass bei den ewigen Hindernissen, welche die localen Veränderungen des Dunstkreises jenem Bestreben entgegen setzen, dass, sage ich, in jedem Augenblicke jenes Gleichgewicht wirklich erreicht sey. Die Fluthen des Oceans suchen ebenfalls eine wagrechte Oberfläche und den

und Wärme der Atmosphäre 1793. S. 64. Die Aehnlichkeit, welche zwischen gefrornen Fensterscheiben und den Lichtenbergischen Figuren auf dem Elektrophor statt findet, liess mich vermuthen, dass hiebei Elektricität im Spiele sei. Ich liess deshalb bei meinem Aufenthalte in Freiberg Glasscheiben mit Stanniol belegen, fand aber immer gleiche baumförmige und strahlende Figuren auf den belegten und unbelegten Scheiben. Auch durch Dämpfe von verschiedenen Säuren und alkalischen Stoffen, Vitrioläther und andere, welche anfroren, konnte ich die Formen nicht ändern. Herr Geheimerath von Göthe, der mit allen Theilen der Naturkunde so innigst vertraut ist, theilte mir die sinnreiche Bemerkung mit, wie bei den metallischen Krystallisationen, z. B. bei den Braunstein-Dendriten auf dichtem Kalksteine, die Zweige benachbarter Büschel sich selten berühren, sondern wie ein leerer Raum zwischen ihnen bleibt, der wahrscheinlich die Folge einer bei dem Anschuss wirksamen abstossenden Kraft ist.

noch schlagen sie ewig Wellen wie die Oberfläche des Luftmeers. Es ist keinem Zweifel unterworfen, dass ein isolirtes Metall nicht mehr ± *E* aus dem Dunstkreise aufnimmt, als isolirtes Holz. Berühren sich beide Stoffe, so sucht das ± *E* sich allerdings unter beide gleich zu vertheilen. Bleibt aber das Metall, welchem von seinem grösseren Ueberschusse entzogen wird, von eben dem unerschöpflichen elektrischen Dunstkreise umgeben, so nimmt es, vermöge seiner grösseren Affinität zu dem elektrischen Stoffe, denselben aus der Luft wieder auf, indem es ihn dem Halbleiter abgiebt. Es bleibt also in jedem Momente in einem Zustande des Empfangens und Vertheilens und es scheint mir sehr wahrscheinlich, dass eine Stannioltafel wenn sie auch unmittelbar auf der leitenden Erde aufliegt, dennoch stärker geladen, als jene Erde ist. Eben so wird, wenn ich mich auf die Analogie *) des Wärmestoffs stützen darf, eine Stange Eisen, welche mit ihrem einen Ende in siedendem Wasser liegt, diesem zwar immerfort Wärmestoff zuleiten, aber dennoch eine höhere Temperatur als alle umgebende Stoffe behalten. So gewiss es also auch ist, dass Metalle immerfort in einem Zustande stärkerer Ladung, als andere Stoffe sich befinden, so wenig lässt sich hieraus die galvanische Erscheinung erklären. In

*) Wirklich ist über den Wärmestoff ein ganz ähnlicher Streit zur Sprache gekommen. Man sehe meine Vertheidigung des Berghauptmanns Wild gegen den Recensenten des *Essai sur la montagne salifère du gouvernement d'Aigle*, in der allg. Litter. Zeitung (Bergmännisches Journal 1792. B. 2. S. 123.) Herr Wild hat sich nachher selbst fast mit denselben theoretischen Gründen gegen Herrn Langsdorf gerechtfertigt.

dem Monthly Review*) heisst es freilich: „as Mr. Bennet has shewn by his doubler, that metals are „constantly in a state of spontaneous electricity, we „impute to this the effects of the Galvanisme and we „conclude, that extraneous electricity is the sole agent „concerned, who acts by stimulating the nervs, which „are thus made to perform their office and to „throw the muscular fibres into action.“ Durch diesen Ausspruch haben sich mehrere Physiker **) verleiten lassen, den Organen bei dem Metallreize eine blosse passive Stelle als elektroskopischen Stoffen, zuzuschreiben. Nähere Untersuchung der Thatsachen widerlegt aber diesen Irrthum. Ich habe im zweiten Abschnitte (vergl. die Fig. 2. 3. 4. 6. 7.) gezeigt, dass im Zustande höherer Reizempfänglichkeit Contractionen ohne alle Mitwirkung von Metallen und Kohlenstoffhaltigen Substanzen erfolgen. Ich beuge den Schenkelmuskel eines Thiers gegen den entblösten sympathischen Nerven, mit dem er noch organisch verbunden ist, und die ganze Maschine wird convulsivisch erschüttert. Wo ist hiebei die elektrische Ladung und Entladung der Metalle im Spiel? Gesetzt aber auch, die Gegenwart derselben wäre eine nothwendige Bedingung galvanischer Erscheinungen, ge-

*) August 1793. p. 422. Pfaff S. 326.

**) Z. B. neuerlichst Herr Yelin in seinem sehr nützlichen Lehrbuch der Naturlehre 1796. B. 1. S. 410. §. 555. Aldini sagt sehr richtig: „Si enim a sola metallorum „electricitate omnes sunt contractiones, quam deformata „illa est animalis electricitatis species, quae cum primum „in animantium dominari corporibus crederetur, metallo„rum nuno mutuatae electricitati non sine magno dede„core famularetur.“ *De animali electricitate, Diss. I.* §. 1.

setzt auch sie erlitten, bei dem Versuche selbst eine beträchtliche Reibung *), so lehren doch Cavallo's directe Erfahrungen, daſs das groſse Problem sich keineswegs an die bekannten Wirkungen der Elektricität anreihen läſst. Dieser scharfsinnige Physiker **) bestimmte mit vieler Sorgfalt den kleinsten Grad der Ladung, durch welche noch Muskelbewegungen erregt werden können. Wenn man ein Elektrometer so schwach elektrisirt, daſs seine Kugeln $\frac{1}{20}$ eines Zolles divergiren, und diese geringe Menge von Elektricität auf ein Metall von 200 mal gröſserer Oberfläche, als die leitenden Theile des Elektrometers waren, vertheilt; so ist dieſs Metall zu schwach geladen, um fibröse Contractionen hervor zu bringen. Dennoch ist die Elektricität, welche geriebene Metalle äuſsern, noch weit geringer, ja in vielen Fällen so unmerklich, daſs sie allen Verdopplern und Condensatoren entgeht. Die äuſsere, aus dem Metalle ausströmende Elektricität kann also nicht Ursach der problematischen Erscheinung seyn. Ich habe selbst mehrmals (bei reizbaren Fröschen) Glasröhren mit Flanell gerieben, und sie augenblicklich darauf an die Nervenarmatur gehalten. Ich sah nie die geringste Bewegung entstehen, wenn gleich das Bennetsche Elektrometer noch 8 Minuten nachher Reste der Ladung in der Glasröhre andeutete.

*) Diese Reibung, oder unmittelbare Berührung harter Kettenglieder ist aber zur Erregunng von Contractionen gar nicht erforderlich. S. den Anfang des siebenten Abschnittes.

**) *Cavallo's complete treatise on electricity, Vol. 3. containing the discoveries made since the third edition 1795 p. 130.*

Anlockender und mehr umfassend, als alle bisher genannte Vorstellungsarten, ist die von Alessandro Volta aufgestellte Theorie vom gestörten Gleichgewichte der Elektricität. Von dem Genie ihres Erfinders, seinem philosophischen Beobachtungsgeiste, seiner bewundernswürdigen Fertigkeit im Experimentiren war solch ein Werk zu erwarten. Eine Hypothese, welche die vielen ältern Erscheinungen unter einen Gesichtspunct fasst und erklärt, verdient ausgezeichnete Achtung; eine Hypothese aber, welche auch spätere Entdeckungen mit gleicher Leichtigkeit enträthselt, erweckt gerechtes Erstaunen. Es ist mir eine angenehme Pflicht, dieselbe hier in ihrer einfachen Gröfse darzustellen, nicht nur weil sie bisher in deutschen Schriften sehr unvollständig *) und verworren vorgetragen worden ist, sondern auch, weil ich lange Zeit selbst von ihrer Untrüglichkeit überzeugt war. Meine neuern Beobachtungen zwingen mich, als Gegner des Herrn Volta aufzutreten. Ich werde mich dabei der Bescheidendenheit des Ausdrucks bedienen, welche mir gegen ihn geziemt und ich setze ein so gränzenloses Vertrauen in den Charakter dieses Mannes, dem die Wahrheit über alles theuer ist, dafs ich mir die Besorgnifs nicht erlaube, durch jenen Widerspruch seine Zuneigung zu mir gemindert zu sehen.

Gleich nachdem Galvani im Jahr 1791 seinen berühmten Commentar über den Muskelreiz herausgab, äufserte Herr Volta die Idee, dafs das ganze

*) Pfaff S. 344. 349 — 370. Gehler's Wörterbuch B. 5. S. 290 und 1044. Gren's Journal B. 7. S. 315.

räthselhafte Phänomen auf einer ungleichen Vertheilung des elektrischen Fluidums beruhe. Seine Untersuchung der Galvanischen Kettenglieder und ihrer relativen Lage gegen einander, von der allein das Gelingen oder Nichtgelingen des Experiments abhängt, (s. oben den sechsten Abschnitt) bestätigte ihn darin. Demnach gestand *) er im Jahr 1793, nach genauerer Prüfung aller Thatsachen mehrere zu finden, welche sich auf eine von aussen hinzu geleitete Elektricität nicht reduciren liessen und auf ein eigenthümliches unbekanntes, in der sensibeln Fiber angehäuftes Fluidum hin zu deuten schienen. „So eingeschränkt, sagt er ausdrücklich, „auch die Zahl jener Thatsachen ist, so „wird sie mir doch überzeugend und beweiset für „eine thierische Elektricität.“ Bald darauf im Jahre 1794 glaubte er auch diese Annahmen in eine allgemeine Regel bringen zu können. Die feinen Versuche, deren er in dem zweiten Briefe an Herrn Vassali gedenkt, und andere, welche ich während meines Aufenthalts in Italien im neuen Journal der Physik **) beschrieben, überzeugten ihn von der Unumstösslichkeit seiner Theorie, und alle Aussichten, die Lehre von den Nervenwirkungen durch die Phänomene des Galvanismus bereichert zu sehen, schienen plötzlich zu verschwinden.

Der Hauptsatz der Voltaischen Theorie ist bisher so ausgedrückt worden, als würde das $\pm E$ aus den feuchten Organen durch die anliegenden Metalle ver-

*) *Philos. Transactions for the year* 1793. *P.* 1. *n.* 1. *p.* 12.

**) B. 2. H. 4. (1795) S. 472.

verdrängt und zurück gestoſsen. Wer kann mit dieſen Worten einen beſtimmten Begriff verknüpfen? Ich theile Herrn Volta's Vorſtellungsart ſo mit, als ich ſie aus einem noch ungedruckten an Sir Joseph Banks gerichteten Italiänischen Briefe (welchen er mir zu Como vorlas und mündlich erläuterte) aufgefaſst habe. — Alle feſte und flüſſige Stoffe unſeres Erdkörpers haben nach Verſchiedenheit ihrer Ziehkraft zur Elektricität mehr, oder weniger davon eingeſogen. Sie ſind daher alle in einem Zuſtande ſchwacher, aber ungleicher Ladung. Wenn ſie ſich berühren, ſtreben ſie ſich einander ins Gleichgewicht zu ſetzen, aber vor der Berührung iſt das $\pm E$ in dem einen mehr, in dem andern weniger angehäuft. Die feuchten andern Stoffe (Leiter der zweiten Claſſe) ſtrömen weniger E aus, als die Metalle (Leiter der erſten Claſſe) auch unter den heterogenen Metallen iſt ein Unterſchied der Stärke, doch wird derſelbe mehr in Vergleichung mit den Körpern der zweiten Claſſe bemerkbar. Die Ladungen der Metalle ſind, wenn man ſie mit ſich ſelbſt vergleicht, faſt gleich, wenigſtens wird ihre Differenz, wo ſie im Contact ſtehen, in der Theorie nicht beachtet. Wenn nur zwei Stoffe, einer der erſten und einer der zweiten Claſſe einander berühren, ſo kann keine freie Circulation des elektriſchen Fluidums Statt finden.

Wenn (Fig. 69.) der feuchte thieriſche Stoff *a* an dem homogenen Metalle *b* anliegt, ſo ſtrömt *a* aus beiden Enden $\pm E$ mit einer Kraft $= 2$ und *b* aus beiden Enden mit einer Kraft $= 5$ aus. Demnach iſt

kein Grund vorhanden, warum der Strom mehr ſo hin —> als ſo hin <— ſich richten ſollte. Bei *r* und *s* iſt Gleichgewicht der Kräfte. *Bei Berührung von mehr als zwei Stoffen der erſten und zweiten Claſſe wird das elektriſche Fluidum gezwungen nach einer Seite zu circuliren.* Stehen Fig. 70. drei Subſtanzen, Zink *b*, Silber *c* und ein feuchter Körper *a*, in kettenförmigem Contacte unter einander und ſtrömt das Silber mit einer Kraft = 3, der Zink = 5, und *a* = 2 aus, ſo wird der elektriſche Strohm von *a* nach *b* durch *c* hin, alſo ſo —> herum durchbrechen. Denn die beiden Metalle bei *t* halten ſich (ohngefähr) das Gleichgewicht und ihre Differenz wird = 0 betrachtet, dem feuchten Körper ſtehen aber ungleiche Potenzen entgegen. Bei *v* wirkt das Silber mit einer Kraft = 3, bei *x* der Zink mit einer Kraft = 5. Alſo muſs das circulirende Fluidum gegen *a*, *v*, *c*, *t* hin ſeinen Weg nehmen. Hätten wir empfindliche Elektrometer genug, um den ſchwächſten augenblicklichen Durchgang der *E* anzuzeigen, ſo würde uns der ſinnliche Augenſchein überführen, daſs eine ſolche, durch geſtöhrtes Gleichgewicht hervorgebrachte elektriſche Strömung Statt findet, wenn man einen naſſen Schwamm mit heterogenen Metallen armirt, die unter einander im Contacte ſtehen. Aber unſre Werkzeuge ſind zu grob um in der todten Materie ſolche Veränderungen anzudeuten. Die beliebte thieriſche Faſer iſt das einzige feine Elektroſkop, welches uns davon belehrt, liegt daher ein ſenſibles Organ, z. B. ein Froſchſchenkel, an der Stelle von *a*, ſo muſs es

durch das Durchströmen der *E* zu einer Muskelbewegung gereizt werden.

Aus diesen einfachen Sätzen erklärt Herr Volta die relative Folge der Kettenglieder, welche zur Erweckung galvanischer Erscheinungen erforderlich ist. Wenn ein Frosch, dessen obere und untere Extremitäten nur noch durch die sympathischen Nerven zusammen hangen und in zwei Wassergläser eingetaucht sind, durch einen homogenen silbernen Bogen gereizt wird, so bleibt die ganze Maschine in Ruhe. Es ist der Fall Fig. 69. Die Kräfte bei *r* und *s* stehen im Gleichgewichte. Wird (Fig. 71.) das eine Ende des Bogens *b*, mit Seife *c*, bestrichen, so erfolgt augenblicklich Bewegung. Die Seife stöhrt das Gleichgewicht, da sie eine Ladung hat, welche von der des Froschkörpers verschieden ist. Der Kraft = 3, welche aus *b* ausströmt, steht nemlich auf einer Seite eine Kraft = 2, auf der andern eine = 1 entgegen. Folglich muss der Strom durch *c* und *a* nach *b* hin durchbrechen. Werden hingegen beide Enden *b* mit Seife *c* und *d* (Fig. 72.) bestrichen, so verkündigt die Theorie selbst die Ruhe vorher, welche das Experiment wirklich bestätigt. Denn bei *b* und *d*, *b* und *c*, *a* und *d*, und *a* und *c*, ist ein vollkommenes Gleichgewicht der Kräfte. Es ist in Fig. 72, so wenig als in Fig. 69. ein Grund vorhanden, warum die *E* mehr durch *d* und *a* nach *c*, als durch *c* und *a* nach *d* circuliren sollte. Mit eben der Leichtigkeit ist der Erfolg meines Hauchversuchs (Nerv. *P. p. H. P.*) auf diese Hypothese zu reduciren. In der Kette Fig. 73. druckt *a* das sensible Organ, *b* und *b* Zink, *c* Silber

aus. Die Contraction erfolgt nicht eher, als bis die eine Fläche des einzigen heterogenen Metalls c mit einer verdampfenden Feuchtigkeit *d* benezt ist. Warum? weil ohne *d* alle Stoffe von gleichen Kräften balancirt sind und erst bei *d*, ein ungleicher Widerstand eintritt. Der Zink *b* setzt demselben eine Kraft = 5, das Silber eine = 3 entgegen, also muſs der elektrische Strom von *b* aus durch *d*, *c* und *b*, nach *a* hin durchbrechen. Werden beide Flächen benetzt (Fig. 74.) so ist augenblicklich das allgemeine Gleichgewicht wieder hergestellt. Denn nun steht dem Strohm aus *b* durch *d*, ein gleicher aus *e* entgegen. Auch hatte ich wirklich, ehe ich noch mit der Voltaischen Vorstellungsart bekannt war, die Formel Nerv. *P. H. p. H. P.* bei minder lebhaften Individuen durch die Erfahrung bereits negativ befunden.

So sinnreich aber auch diese Theorie vom gestöhrten Gleichgewichte der *E* unter mehr als drei Stoffen an sich ist, so leicht sie sich auch auf viele von andern Physikern bekannt gemachte Erfahrungen anwenden läſst, so wird sie dennoch durch eine nicht minder grosse Anzahl von neueren Versuchen, welche ich seit zwei Jahren angestellt habe, vollkommen widerlegt. Alle theoretischen Sätze unserer Physik und Chemie beruhen auf Induction, oder analogischen Schlüssen. Sind die Thatsachen nicht vollständig gesammelt, so ist die Theorie selbst noch schwankend und eine einzige neue Erfahrung kann, wenn die Einfachheit der Bedingungen vor dem Irthume bewahrt, das ganze theoretische Lehrgebäude stürzen.

Ich könnte zuerst beweisen, dass wenn ein Fluidum in der galvanischen Kette circulirt, es von dem elektrischen wesentlich verschieden seyn müsse, da es von ganz anderen Stoffen als dieses isolirt wird. Dieser Einwendung würde aber dadurch entgegnet, dass man jene Identität selbst aufgäbe, und sich bloss auf die nicht zu läugnende grosse Analogie beider Stoffe beriefe. Ich übergehe daher hier die Thatsachen, welche sich auf die Natur des galvanischen Fluidums beziehen, und behalte mir vor, sie am Ende des Abschnitts einzeln vorzutragen. In unbezweifeltem Widerspruche mit der Voltaischen Theorie stehen dagegen folgende Thatsachen:

1) Die Entdeckung, welche ich am 20ten Nov. 1794. gemacht (S. den dritten Abschnitt Fig. 9. 10. 11. 12. und 13. 14.) beweiset, dass galvanische Erscheinungen auch ohne alle kettenförmige Verbindung der wirkenden Stoffe eintreten. Wenn das Metall *M* den Nerven armirt und *M* selbst, (oder ein, mit ihm in leitendem Zusammenhange stehender, entfernter Körper) von einem andern Metalle *N* berührt wird, so wird der Nerv gereizt.

Bei sehr lebhaften Individuen äussert sich der Effect dieses Reizes durch sichtbare Muskelbewegung, bei minder erregbaren entgeht die Veränderung, welche die Organe erleiden, unserer Wahrnehmung. Sind z.B. (Fig. 13.) die beiden Froschschenkel *a* und *b*, von ungleicher Reizempfänglichkeit, so wird nur der erregbarere zucken, wenn *M* von *N* berührt wird. Wo ist hiebei (und besonders nach dem zusammengesetzten Gegenversuche (Fig. 12. *a*.) eine Circulation

des elektrischen Fluidums, wie sie jene Theorie annimmt, denkbar?

2) Eben diese Theorie widerstreitet nach Fig. 69. die Möglichkeit einer Contraction bei Berührung von zwei Stoffen. Ich erinnere an meine Versuche mit homogenen Metallen, die im 3ten Abschnitte umständlich entwickelt sind. Die sensible und irritable Fiber (Fig. 16.) treten mit einer homogenen metallischen Flüssigkeit in Contact, und es erfolgt die lebhafteste Erschütterung. Ich erinnere an den einfachen Fall Fig. 4. Man schneide, bei lebhaften Individuen, ein Stück x vom Cruralnerven ab und schiebe dasselbe mittels einer Glasröhre an seinen Cruralnerven und den Muskel, in welchen er inserirt ist, an. Bei der Berührung entsteht sogleich die Contraction des Schenkels. Hier sind schlechterdings nur zwei heterogene Stoffe, Nerv und Muskel, im Spiele. Eben so in Fig. 2, wo x, y und z, alle drei Stücke homogenen Muskelfleisches sind. Ja! ich habe gezeigt, dafs galvanische Erscheinungen erfolgen ohne alle Mitwirkung getrennter Stoffe, blofs indem man den rothen, gar nicht tendinösen Lendenmuskel eines Frosches gegen den Ischiadnerven zurückbeugt. Hier besteht die Kette aus blofs organisch verbundenen Theilen mit dem Ischiadnerven und dem Lendenmuskel, zu dem er herab läuft.

3) Aber selbst noch gewöhnlichere leicht nachzuahmende Versuche widerlegen die Hypothese vom gestöhrten Gleichgewichte der Elektricität. Die Formel $\underbrace{\text{Nerv. } P. H. p.}$ ist, zum Beispiel, bei den meisten, nur nicht ganz matten Thieren positiv. Wenig-

ftens treten die Contractionen fogleich ein, wenn man den Nerv mit oxygenirter Kochfalzfäure zu höherer Reizempfänglichkeit erhebt, oder erregbare Organe an die Stelle der unerregbaren legt. Eben diefe Formel follte aber nach Herrn Volta's Theorie einen negativen Erfolg zeigen. Wenn in Fig. 1. (wie ich die Verfuche, der Einfachheit der Bedingungen wegen, mehrmals angeftellt) *a* ein abgefchnittenes Stück des Cruralnerven und der filberne Conductor in Berührung mit dem Cruralnerven felbft ift, fo wird der Strom zu beiden Seiten von gleichen Kräften balancirt. Man werfe einen Blick auf Fig. 75. wo *e* den inferirten Cruralnerven *a*, das getrennte Stück davon und *b* und *d* die Excitatoren bedeuten, und man überfieht mit einem Blicke, dafs die Wirbel-Hypothefe einen Zuftand der Ruhe gebietet, in welchen die Natur fich nicht einzwängen läfst.

4) Eben fo fteht der Verfuch mit der doppelten Hauchbelegung im Widerfpruche mit jener Hypothefe. Bei fehr erregbaren Organen erfolgt eine Contraction, das heterogene Metall, welches zwifchen zwei homogenen liegt, mag auf einer, oder auf beiden Flächen mit verdampfenden Flüffigkeiten benetzt feyn. (f. oben im fünften Abfchnitt n. 10. Fig. 23.) Diefer gleichmäfsige Erfolg bei fo verfchiedener Dispofition der Kettenglieder wäre aber unmöglich, wenn die Lehre vom Uebergewichte der ftreitenden Ströme gegründet ift. Man vergleiche die Conftructionen in Fig. 73 und 74.

So glänzend demnach auch die Ausfichten waren, welche eine Erklärungsart gewährte, die faft alles auf

eine Vernunfterkenntnifs durch Conftruction der Begriffe zu reduciren fchien, fo fehen wir uns dennoch genöthigt, diefelbe aufzugeben, da fie mit der jetzigen Mafse neuerer Erfahrungen keinesweges übereinftimmt. Die Naturwiffenfchaft ift, fo reich an halben Erklärungen, dafs es Gewinn genug ift, ihre Zahl zu vermindern. Was wird den Fortfchritten derfelben hinderlicher feyn, was legt dem Unterfuchungsgeifte ftärkere Feffeln an, als der einfchläfernde Wahn, vollendet zu haben, wo noch nicht die Hälfte des Wegs zurück gelegt ift?

Bei den Erklärungen phyfifcher Erfcheinungen kann man fich ein dreifaches Ziel des Beftrebens vorfetzen, von denen das eine entfernter, als das andere liegt. Der letzte Zweck jeder wiffenfchaftlichen Naturlehre ift der, die Begriffe von beftimmten Naturdingen zu conftruiren, oder ihre innere Möglichkeit durch Anwendung der Mathematik anfchaulich zu machen. Diefen Zweck hat Newton nur in Erklärung des Regenbogens, in der Lehre von der Gravitation der Himmelskörper, Sage und Prevoft in der Lehre vom Magnetismus, Mayer in der vom Wärmeftoffe, Coulomb einigermaafsen in der Theorie der elektrifchen Materie erreicht. Unendlich wenig Phänomene der äufseren Sinnenwelt find aber einer folchen Anwendung fähig und bei den meiften mufs man fich begnügen, fie auf allgemeine Erfahrungsgefetze, die weder ein Bewufstfeyn ihrer Nothwendigkeit bei fich führen, noch eine Darftellung a priori in der Anfchauung erlauben, fyftematifch zu reduciren. Auf diefem Puncte ftehen wir

z. B. in der Lehre von Zerfetzung der Stoffe durch wechfelfeitige Verwandfchaft, von Bildung der Säuren und Verkalkung der Metalle. Erft, wenn es gelingen follte, chemifche Wirkungen der Materie auf conftruirbare Begriffe zurück zu führen und dynamifch zu vollenden, was der tieffinnige Verfaffer der Chymie mécanique atomiftifch begonnen hat, dann erft dürfen wir hoffen, auch jene Lehren unter einen höhern Gefichtspunct ftellen zu können, und fie zu dem Grade apodiktifcher Gewifsheit zu erheben, zu welcher die Theorie der Gravitation feit einem Jahrhunderte gelangt ift. Bis dahin bleiben wir bei empirifchen Gefetzen ftehen, „die einige „Unzufriedenheit *) zurücklaffen, weil man von ihnen „keine Gründe a priori anzuführen im Stande ift."

Leider können wir bei den meiften Gegenftänden unferer naturhiftorifchen, oder phyfikalifchen Erkenntnifs auch nicht einmal bis zu diefen Gefetzen hinauffteigen. Die Urfachen der Luftelektricität, des Steigens und Fallens des Barometers, die der Erdbeben und vulcanifchen Explofionen find nicht mit der Vollftändigkeit darzuftellen, als fich die Gründe anführen laffen, warum ein Gemenge von Mittelfalzen fich gegenfeitig zerlegt. Bei jenen fo verwickelten Erfcheinungen können wir nicht auf eine Übereinftimmung mit allen anderen Erfcheinungen der Sinnenwelt, auf eine Einficht in den einfachen Mechanismus treibender Kräfte rechnen, wir müffen uns begnügen, wenn wir einige neuere

*) Metaphyf. Anfangsgründe der Naturwiffenfchaft, 1787. Vorrede.

Erfahrungen an einige frühere anpassen, wenn wir den causalen Zusammenhang einiger Wirkungen einsehen, anderes ahnden lernen; ja, wir müssen, falls wir einmal eine scheinbar gültige allgemeine Erklärungsformel aufgefunden zu haben glauben, nie zu beobachten nachlassen, da die besondere Naturwissenschaft keine absolute Vollständigkeit der Objecte kennt, und da in der unendlichen Mannigfaltigkeit von Anschauungen, welche jede Erscheinung darbietet, noch manche enthalten seyn kann, welche jene Erklärungsformel umstößt. Finden wir uns bis jetzt in den meteorologischen Speculationen genöthigt, auf Vereinfachung der Begriffe und vollständige Erklärungen Verzicht zu thun, so dürfen wir mit noch minder gespannten Erwartungen uns dem Schauplatze organischer Kräfte nähern. Wir treten hier nicht nur in eine Sphäre, in der die feinsten, fast jeder Wahrnehmung entgehenden Stoffe die größten Wirkungen hervorbringen, in der es überall an älteren genauern Beobachtungen fehlt, an welche die neuen anzuknüpfen wären; sondern wir sehen auch in der eben so permanenten, als unbegreiflichen Einwirkung des Immateriellen auf die Körperwelt eine neue Schwierigkeit sich erheben. Jahrhunderte werden vergehen, ehe die Physiologie belebter Geschöpfe sich auch nur des Lichtes wird freuen können, in welchem uns die Kräfte der todten Materie längst schon erschienen.

Ich habe meiner Widerlegung der Voltaschen Theorie diese Betrachtungen folgen lassen, um durch

dieselben den Gesichtspunct festzustellen, aus welchem ich die letzte Hälfte dieses Abschnitts beurtheilt wissen möchte. Ich stehe im Begriff mich selbst an die Erklärung des Metallreizes und seiner Wirkung auf die Muskelfaser zu wagen. Ich masse es mir nicht an, so verwickelte und zugleich auch so einfache *) Erscheinungen auf ein Princip zurück führen zu wollen, welches die Lehre vom gestöhrten Gleichgewichte der Elektricität ersetzen könnte, sondern ich begnüge mich dieselben mit andern Erfahrungen aus der Sinnenwelt zu vergleichen, auf ihre Übereinstimmung aufmerksam zu machen, und überhaupt den Weg zu zeigen, auf welchem (bei der jetzigen Lage unsrer Naturerkenntniss) der Gewinn einer vollständigen Erklärung künftig zu erwarten seyn möchte. Philosophische Naturforscher, welche zu unterscheiden wissen, was in einer rationalen, oder (auf Mathematik gegründeten) empirischen Naturlehre, und was in blofs systematischen Künsten, wie Chemie und Physiologie sind, zu erwarten steht, werden diesen bescheidneren Gang meiner Untersuchung nicht missbilligen. Es ist unschädlicher, selbst erweisbare Sätze als Vermuthungen darzustellen, als diese in das Gewand von jenen einzukleiden.

Das auffallendste und wichtigste, welches aus meinen Versuchen (S. den zweyten Abschnitt) zu folgen scheint, ist der Schluss, dass der Stimulus in dem Galvanischen Phaenomene, in den erregbaren Organen selbst liegt, und dass

*) Man vergleiche den Hauchversuch und den Fall Fig. 9.

die Metalle sowohl, als andere Stoffe, welche bisweilen als Glieder der Galvanischen Kette auftreten, eine blofse secondäre Rolle dabei spielen. Im Zustande erhöhter Reizempfänglichkeit erfolgen Contractionen, wenn Muskel und Nerv, (die noch organisch mit einander verbunden sind,) ohne Darzwischenkunft eines dritten Körpers, sich leise berühren.*) Metalle, oder Kohlenstoffhaltige Substanzen sind nur dann nothwendige Bedingungen der Erscheinungen, wenn die Erregbarkeit der Organe bereits gemindert ist. Sie scheinen daher den Stimulus zu verstärken, nicht aber ihn wesentlich zu begründen. Die verschiedene Beschaffenheit der Gasarten, welche die thierischen Theile berühren, wirken nur auf die Incitabilität derselben. Das galvanische Experiment selbst gelingt im kohlensauren Gas, wie im Sauerstoffgas, im luftdünnen Raume, wie im luftvollen. (S. den achten Abschnitt.) Nur beim Oele habe ich bemerkt, dafs die Zuckungen länger dauern, wenn die Organe unter seiner Oberfläche, als wenn sie im Wasser, oder in freier Luft liegen. Hierbei finde ich den merkwürdigen Umstand, dafs es nur auf die Lage der Organe selbst, keinesweges aber auf andere Glieder der Kette ankömmt. Die lange Dauer der Contractionen ist gleich auffallend, die Metalle mögen gröfstentheils aufserhalb dem Oele, oder gänzlich in dasselbe ver-

*) Dieser Versuch widerspricht selbst der Pfaffischen Theorie, nach welcher der Stimulus zwar in den Metallen liegt, aber diesem erst durch die belebte reagirende thierische Materie entlockt werden kann. Pfaff. a. a. O. S. 384.

fenkt feyn. Scheint daraus nicht zu folgen, dafs, falls hier Elektricität, oder wenigstens ein derselben verwandter Stoff im Spiele ist, dafs dieser, sage ich, im Zustande der Ruhe in den Nerven und Muskeln selbst angehäuft bleibt, und nur im Augenblicke der Reizung in Umtrieb gesetzt wird. Strömte derselbe immer fort (wie die Voltasche Theorie angiebt) durch die Metalle durch, so würde die Isolirung der letztem eben so nöthig, als die der Organe selbst seyn.

Was aus dem Nerven ausgeht, scheint reizend auf ihn zu wirken, wenn es in denselben zurückkehrt. Das ist der allgemeinste Ausdruck galvanischer Bedingungen, ein Ausdruck, welcher den einfachen Fall, wo man den Lendenmuskel gegen den Ischiadnerven zurückbeugt, eben so gut, als den zusammengesetzten Fig. 33. unter sich begreift. Wie, und wodurch diese Circulation erregt wird, halte ich für ein Problem, an dessen vollständige Auflösung sich nur der wagen kann, der nicht die Mannigfaltigkeit der galvanischen Versuche kennt, der nicht die Tafel vor Augen hat, welche ich im fünften Abschnitte geliefert habe. Für einzelne Fälle ist es leicht durch Annahme positiver und negativer Fluiden, oder durch das aufgehobene Gleichgewicht in der Vertheilung eines einzelnen, Erklärungsformeln zu finden. Das Experiment ohne Kette (Fig. 9—14.) z. B. scheint, wie mich ein grosser Physiolog erinnert, begreiflich, wenn man nicht (wie in der Voltaschen Theorie) eine circulirende, sondern eine oscilli-

rende, alſo ebenfalls in ſich rückkehrende Bewegung, annimmt. Man ſetze die Energie des Nerven = 6, die des Zinks = 16. Im Augenblicke des Contacts wird ihre Capacität ſich ändern, der Nerv wird von dem Zinke etwas empfangen, und das Gleichgewicht wird hergeſtellt ſeyn, wenn beide Stoffe die Kraft = 22 unter ſich vertheilen. Wird nun der Zink mit Holz, oder einer anderer iſolirende Subſtanz berührt, ſo entzieht ihm dieſe nichts, und die Anhäufung bleibt dieſelbe. Kaum aber tritt ein anderes Metall *N* mit *M* (Fig. 9.) in Contact, ſo wird daſſelbe entweder etwas an *M* abgeben, oder demselben von ſeiner Kraft rauben. *N* ſtöhrt alſo das Gleichgewicht von *M* und *P*. Die Summe ihrer Ladung wird nicht mehr = 22 bleiben, und dieſs Zu- oder Ausſtrömen in oder aus dem Nerven wird als Stimulus auf ihn wirken.

Dieſe Erklärung paſst aber nicht einmal auf den Fall, für den ſie erſonnen iſt. Bringt eine Veränderung der Capacität, oder vielmehr eine Vermehrung und Verminderung der, im Nerven angehäuften Kraft *y* eine Muskelcontraction hervor, ſo frägt es ſich, warum dieſelbe nicht ſchon erfolgt, indem der Zink *M* zum erſtenmal die Organe berührt? warum die zweyte Stöhrung durch den Contact von *M* und *N* erſt wirkſam iſt? Wenn *M* und *N* beides Zinkſtangen ſind (wie in meinen Verſuchen bisweilen der Fall war) ſo muſs die Anhäufung des unbekannten Stoffes *y*, durch das, vom Nerven ſo heterogene *M* doch wohl mehr als durch das, mit *M* homogene, *N* geſtöhrt werden! Ja man nehme ſelbſt an, da hier nicht

mit gereinigtem Queckſilber experimentirt *) wird, daſs zwei Zinkſtangen in Miſchung, Geſtalt und Temperatur verſchieden ſind, ſo wäre es doch ſehr kühn, *M* und *N* heterogener als *M* und den Nerven zu halten. Wo endlich bleibt der Begriff der Stöhrung, im Fall Fig. 3. wo der Leiter *a*, von dem Cruralnerven ſelbſt abgelöſt iſt? Ich berühre *t* mit einem Metalle, der Schenkel bleibt in Ruhe. Dieſe Ruhe verſchwindet, ſo bald *s* an *t* und *s* geſchoben wird. Die Ableitung durch ein Metall ſollte doch wohl wirkſamer ſeyn, als die Veränderung, welche ein mit *t* homogener thieriſcher Theil im Contacte mit andern thieriſchen Theilen hervorbringen kann?

Partielle Contractionen laſſen ſich auch aus den Begriffen von entgegengeſetzten Fluiden hernehmen. Man denke ſich einen Nerven, der von der Muskelfaſer durch eine dünne iſolirende Schicht getrennt iſt. Hat derſelbe eine poſitive Ladung, ſo wird er, durch Vertheilung, in dem Muskel, welcher in ſeinem Wirkungskreiſe liegt — *E* erwekken. Contraction, oder fibröſe Erſchütterung kann nur erfolgen, wenn entweder die Willenskraft ſo viel + *E* aus dem Hirne in den Nerven ableitet, bis die iſolirende Schicht durchbrochen wird und die Exploſion, wie in einer überladenen Kleiſtiſchen Fla-

*) Mit Queckſilber hat der Verſuch ohne Kette noch nie geglückt. Wenn (F. 16.) bloſs der Nerv *m* eingetaucht war, ſo erfolgte nie eine Contraction, wenn neues Queckſilber zum alten gegoſſen ward. Sollte man einmal auf ſo erregbare Thiere ſtoſsen, daſs ſie auch dadurch gereizt würden, ſo ſteht zu vermuthen, daſs der bloſse Contact von *m* und *r* auch wirken würde.

sche von selbst erfolgt, oder wenn durch eine leitende Substanz x (Fig. 4.) das + E des Nerven mit dem — E des Muskels verbunden wird. Nach dieser Vorstellungsart wird das — E durch das + E erzeugt, nach dieser bedarf es nur der Annahme einer E, nicht zweier, wie in der Theorie der Bologner Physiker. Aber die Versuche Fig. 9-14 und die ältern, wo blofs Nerven in zweien Puncten armirt werden (Fig. 8. r) stürzen leider! das neue Lehrgebäude über den Haufen. Nimmt man an, in den sensiblen und irritablen Organen sey nur + oder — E angehäuft, das + E werde aber durch den Uebergang von einem thierischen Theile in ein Metall und von diesem in ein heterogenes Metall in — E verwandelt, so erklärt sich der gewöhnliche Versuch Fig. 8. sehr fasslich. Vom Nerven geht + E aus, im Zink wird es in — E, im Silber in + E und im Muskel in — E verwandelt. Es kehrt demnach als — E in die Organe zurück und erregt mit dem dort angehäuften + E eine Explosion. Ist r selbst Zink, wie bei homogenen Armaturen, so erfolgt Ruhe. Denn das aus t ausströmende — E bleibt — E bei dem Uebergange in s und wird + E im Muskel. Es kehrt also gleichnamig in den Schenkel zurück. Ich habe lange in dem Wahne gestanden, in dieser Erklärungsformel etwas wahres aufgefunden zu haben. Fortgesetzte Versuche haben mich aber von meinem Irthume überzeugt. Ich erinnere blofs an den Versuch Fig. 1. der positiv ist, der silberne Bogen mag unmittelbar das Muskelfleisch a berühren, oder es mag sie abermals ein Zinkplättchen

tren-

trennen, d. h. wenn ich die Reihen in Zeichen ausdrücke:

Nerv. *P. H. p.*

oder

Nerv. *P. H. P. p.*

Nach obiger Hypothefe können aber beide Arten der Verkettung nicht gleiche Refultate geben. In der erftern folgt

+ . — . + . — . + .

in der letzteren

+ . — . + . — . + . —

auf einander. Hier alfo find ungleichnamige, dort gleichnamige Elektricitäten.

Auffallend ift es, wie man in dem jetzigen Jahrzehend geneigt ift, alle phyfifche Erfcheinungen auf den Begriff der Polarität, oder entgegengefetzter Stoffe zu reduciren. Die neue Theorie vom männlichen und weiblichen Brennftoff ift ganz auf eine folche Reduction gegründet, und Herr Voigt *) erklärt den Galvanifchen Verfuch durch eine Paarung der männlichen und weiblichen Elektricität. Schade, dafs wir uns bei folchen Vorftellungsarten auf eine Analogie beziehen, die ein nicht minder unerklärtes Factum involvirt! Wir wiffen, dafs + *E* durch Vertheilung — *E* erregt; wir wiffen, dafs ein fchwarzes feidenes Band, gegen ein weisses gerieben, von diefem angezogen wird;

*) Verfuch einer neuen Theorie des Feuers und der Verbrennung 1793. S. 361. eine Schrift, die wegen einiger wichtigen neuen Verfuche, die fie enthält, weniger vernachläfsiget zu werden verdiente.

durch welche chemische Modification aber sich die positiv-elektrische Materie von der negativen unterscheidet, davon ahnden wir heute nicht mehr, als man zu Du Fay's und Watson's Zeiten ahnden durfte. Der Grund, warum man dennoch in der Theorie von der Elektricität, von dem Magnetismus und selbst in der Physiologie, so gern auf Begriffe der Polarität zurück geht, scheint mir in dem dunklen Streben zu liegen, qualitative Verhältnisse auf quantitative zu reduciren, oder Mathematik auf chemische Wirkungen anzuwenden. Herr Lichtenberg hat durch Einführung der Zeichen $\pm E$ und $\pm M$ diese Anwendung glücklich zu Stande gebracht. Die verwickelten elektrischen und magnetischen Aufgaben vereinfachen sich jetzt, wie analytische Formeln, aber man vergifst bei der Arbeit, dafs man mit unbekannten Gröfsen (x und y) zu thun hat!

Einige meiner Versuche z. B. der Fig. 51. und 47. scheinen selbst der Vorstellung eines circulirenden Fluidums gänzlich zu widersprechen. Dieser Widerspruch ist aber (wie mich neuere Erfahrungen gelehrt) nur scheinbar. In Fig. 51. liegt n allerdings aufserhalb der Kette mps. Es fragt sich also, wie ein in derselben in Umlauf gesetzter Stoff seine Wirkung auf den Nerven ausdehnen könne? Ich habe in dieser Hinsicht vergleichende elektrische Versuche angestellt und finde auch bei diesen, wo die Circulation des $\pm E$ unbezweifelt ist, Wirkungen aufserhalb der leitenden Kette. Die Hand empfindet freilich keinen Schlag, wenn sie den Eisendrath, welcher die äufsere und innere Fläche der Kleistischen gela-

denen Flaſche verbindet, irgendwo, mittels eines Metallſtabes, berührt. Man nehme aber das feinſte Elektroſkop, welches wir kennen, (und welches nur ein weſentliches, wenn gleich oft zu erſetzendes Stück eines elektriſchen Apparats zu ſeyn ſcheint) einen wohl präparirten Froſchnerven, und lege dieſen (Fig. 76.) dergeſtalt in die leitende Kette, daſs der Theil *ab* ſelbſt ein Kettenglied ausmacht, *bcd* aber ſammt dem Schenkel auſserhalb dem Strome liegt. Man zerſchneide darauf den Cruralnerven in *c* und entferne die beiden Enden *c* und *d* eine Linie weit von einander. So oft nun die *Æ* ſich durch Entladung der Flaſche ins Gleichgewicht ſetzt, erfolgt die Muskularcontraction des Schenkels. Ich habe dieſen Verſuch, der mir neu und nicht unintereſſant zu ſeyn ſcheint, auch ſo wiederholt, daſs das Nervenſtück *ab* nicht ſelbſt in der Kette lag, ſondern (Fig. 77.) mit einem Metallſtäbchen, *p*, in Berührung ſtand. Der Erfolg blieb derſelbe. Wenn man beide Fälle Fig. 76. und 77. unpartheiiſch prüft, ſo überzeugt man ſich, daſs hier nicht die Wirkung reizender Atmoſphären eintritt, ſondern daſs ſich die elektriſche Erſchütterung auch noch auf *p* und *abc* ausdehnt. So wie alſo in Fig. 77. der Nerv *a* aus dem Metalle *p* Elektricität empfängt, eben ſo kann auch Fig. 76. aus dem Nervenende *c* Elektricität nach *d* hin, ausſtrömen. Die Anwendung beider Erfahrungen auf Fig. 51. iſt von ſelbſt klar und bedarf keiner weitern Ausführung.

Iſt im Zuſtande erhöhter Erregbarkeit der Organe die einfache Berührung des Muskels und Nervens zur Hervorbringung galvaniſcher Erſcheinun-

gen hinlänglich, so entsteht die Frage, warum ist bei minderer Erregbarkeit die Zuleitung durch metallische Stoffe nothwendig, wie wirken diese letztern bei Verstärkung des Reizes? Wir bemerken bestimmte Grade, eine bestimmte Stufenfolge der Bedingungen, unter denen sich der Metallreiz bei sehr lebhaften, minder erregbaren und trägen Individuen wirksam zeigt. Wenn ich das, was ich an mehrern hundert Thieren beobachtet, auf ein einzelnes zurückführen darf, so würden den verschiedenen Epochen der Reizempfänglichkeit etwa folgende Verkettungen respondiren. Die Contraction erfolgt im erstern Grade: ohne Kette, Fig. 9—14; im zweiten Grade: indem sich die mit Muskelfleisch bewickelte Pincette dem Nerven aus der Ferne nähet, Fig. 65; im dritten Grade: indem man organisch verbundene Theile unmittelbar in Berührung setzt; im vierten Grade: bei Zuleitung durch thierische Theile, Fig. 2—5; im fünften Grade: durch ganz homogene Metalle, oder Kohlenstoffhaltige Substanzen, Fig. 16—17; im sechsten Grade: durch heterogene Metalle, welche sich nicht unmittelbar berühren, Fig. 1; im siebenten Grade: durch homogene Metalle, zwischen welchen ein heterogenes liegt, welches auf beiden Flächen mit verdampfenden Flüssigkeiten belegt ist; im achten Grade: durch eine Kette, mit welcher das sensible Organ nur mittelbar und nicht als Glied in Verbindung steht, Fig. 51; im neunten Grade: durch heterogene Metalle welche sich unmittelbar berühren, Fig. 8; im zehnten Grade: durch homogene Metalle und ein heterogenes, wel-

ches auf einer Fläche mit verdampfenden Stoffen belegt ist (Hauchversuch); im eilften Grade: durch auf einander Schlagen der heterogenen Metalle; im zwölften Grade: durch Verbindung der Nervenarmatur und des Muskels, nicht der Nervenarmatur und der Nerven; im dreizehnten Grade: wenn erst der Muskel und dann die Nervenarmatur berührt wird, d. h. wenn die Kette sich vom Muskel aus schliefst; im vierzehnten Grade: wenn das Nervenstück zwischen der Armatur und dem Muskel frei durch die Luft geht, und nicht der Muskel selbst an dem Metalle anliegt; im funfzehnten Grade: wenn man den matten Nerven auf seiner Armatur ausspannt, oder ihn in die Länge dehnt; im sechszehnten Grade: wenn der Schenkel aufgeschnitten und von dem silbernen Leiter ein entblöfster Nerv selbst berührt wird.

Wer sich viel mit den Erscheinungen des Galvanismus beschäftiget hat, wird, wie ich mir schmeichle, die Wahrheit jener Schilderung nicht verkennen. In den ersten vier Graden mag ich gefehlt haben. Künftige Beobachter werden vielleicht den zweiten zum ersten und diesen zum dritten machen. Die Natur der Versuche liefs hier bisher keine gröfsere Bestimmtheit zu. Wer aber ein Thier behandelt, welches auf dem vierten, oder fünften Grade der Reizempfänglichkeit steht, wird dasselbe in mehreren Stunden, mit abnehmender Lebenskraft die ganze beschriebene Scale durchlaufen sehen. Er wird sich davon überzeugen, wenn er zuletzt die Metalle erschütternd berühren, den Schenkelmuskel von der

Nervenarmatur entfernen, den Leiter auf den Muskel zuerſt aufſetzen und endlich den Nerven anſpannen muſs, um den matten Organen noch eine ſchwache Contraction abzugewinnen.

Auf die chemiſche Natur der Excitatoren habe ich in jener Tafel gar keine Rückſicht genommen, weil dieſelbe von andern Phyſikern weitläuftig genug entwickelt iſt, und mir die hier geſchilderten Verhältniſſe weniger beobachtet und doch ungleich intereſſanter ſchienen. Soll je das groſse Problem des Galvanismus vollkommen geloſet werden, ſo muſs dieſe Auflöſung zugleich den Grund enthalten, warum die Bedingungen der letztern Grade einen wirkſamern Reiz, als die der erſten hervor bringen. Liegt nun, wie ich erwieſen zu haben glaube, der wirkſame Stimulus in den erregbaren Organen ſelbſt, und iſt unmittelbare wechſelſeitige Berührung derſelben hinlänglich, um galvaniſche Erſcheinungen hervor zu locken, ſo können fremdartige Stoffe, welche die Leitung vom Nerv zum Nerv (oder Muskel) bilden, dem überſtrömenden Fluidum entweder Hinderniſſe in den Weg legen, oder daſſelbe frei durch laſſen. Ich vermuthe, daſs auf der Stärke dieſer Hinderniſſe das ganze Phänomen der ſogenannten Excitationskraft beruht. Wir ſehen, um an eine analoge Erſcheinung zu erinnern, daſs die elektriſche Materie ſtärker wirkt, wenn die Leitung durch Halbleiter unterbrochen iſt, als wenn ſie aus bloſs vollkommenen Leitern beſteht. Ich habe reines Schieſspulver durch eine geladene Kleiſtiſche Flaſche nicht eher entzünden können, als bis ich feuchtes Holz, oder

Kork mit demselben in Berührung brachte und die ± *E* durch Eisendrath und jene unvollkommene Leiter durchschlagen liefs. Eine nasse Schnur soll dieselben Dienste verrichten *) und Herr D. Eimbke, dem wir trefliche Versuche über den Phosphor verdanken, versicherte mich, dafs eine einzelne Flasche bei Verkalkung des Goldes wie eine kleine Batterie wirke; wenn die Verbindungskette durch Halbleiter unterbrochen ist. Die zerschmetternden Wirkungen, welche der Blitz bisweilen im menschlichen Körper zurück läfst, scheinen mir ebenfalls auf diesem Phänomene, auf ein Ueberfahren der *E* aus Knochen (als vollkommenen Leitern) in Muskelfleisch (als Halbleiter) und nicht auf einem Ueberspringen aus Endspitzen zu beruhen. Sollte nun nicht die Stärke des galvanischen Fluidums (dessen Analogie mit dem elektrischen wir gleich umständlicher abhandeln wollen) auf ähnliche Weise bei seinem Durchgange durch leitende Stoffe modificirt werden? Sollte es nicht, indem es aus dem vollkommenen Leiter in den Halbleiter übergeht, in diesem sich so lange anhäufen, bis es das Hindernifs überwältigen und mit vermehrter Stärke **) durchbrechen kann? Diese Vermuthung würde schon a priori nicht unwahrscheinlich seyn, wenn sie auch nicht durch die vorbeschriebene elektrische Erfahrung unterstützt würde.

Ich vermuthe, dafs das galvanische Fluidum, welches in den thierischen Theilen angehäuft ist, leich-

*) Yelin's Naturlehre B. 1. S. 389. Voigt a. a. O. S. 314. Pfaff S. 355. in der Note.

**) Joh. Aldini *de animali electricitate* 1794. p. 40.

ter durch thierische Theile, als durch Metalle, leichter durch zwei homogene Metalle, als durch heterogene strömt. Je heterogener die Metalle selbst sind, desto stärker muss die Wirkung seyn, weil die Größe der Wirkung in gleichem Verhältnisse mit den Hindernissen wächst. Aus diesem Gesetze läßt sich einigermaßen erklären, warum, wenn die unmittelbare Berührung des Muskels und Nerven Fig. 6. oder das Zurückbeugen eines Nerven gegen sich selbst (Fig. 78.) keine Contraction erregt, dieselbe sogleich eintritt, wenn (Fig. 2—5.) thierische Stoffe die Kette zwischen dem irritablen und sensiblen Organe, oder zwischen zwei Puncten von diesem bilden. Was aus dem Nerven (Fig. 5.) bei *r* ausströmt, findet ein Hinderniß, indem es durch *x*, *y* und *z* nach *s* zurück kehrt. Es häuft sich in der Kette an, bis es stark genug nach *s* durchzubrechen sucht. Wären hingegen *x*, *y* und *z* (Fig. 2. *y*, *z* und *x*) absolut vollkommene Leiter, und strömte das galvanische Fluidum ohne allen Aufenthalt frei durch sie durch, so würde keine Reizung erfolgen. Mit abnehmender Reizempfänglichkeit der Organe muss ein metallischer Bogen an die Stelle des thierischen Leiters *x* (Fig. 3.) gelegt werden. Die Kraft, welche das galvanische Fluidum (ich bezeichne es mit dem Buchstaben *G*) im Augenblicke des Durchbruchs in *s* ausübt, wird nemlich um so größer seyn, je größer das Hinderniß ist, welches dasselbe im Leiter findet, je später dieß Hinderniß überwältigt wird und je größer die Menge des in den Nerven rückkehrenden *G* ist. In der Zeit *T* häuft sich weniger von jenem Fluidum

an, als in der Zeit $n\ T$, und die Ladung der Organe wird im Moment des Durchbruchs im erstern Falle n mal kleiner, als im letztern seyn. Was nun von G den Organen entzogen wird, ist im Leiter angehäuft und die Differenz in der Gröſse der Wirkung ist um n Theile verschieden.

Nach dieser Vorstellungsart bleibt der Werth von n veränderlich, wie die leitende Kette selbst, und es bedarf keiner fernern Erklärung, wie heterogene Metalle und zwar völlig ungleichartige (als Gold und Silber, Zink und Nickel) wirksamer als homogene, oder gleichartigere (als Gold und Silber, Arsenik und Kobalt) sind. Die sogenannte Excitationskraft dieser Stoffe scheint mir nemlich allein auf dem Verhältnisse ihrer Aneinanderreihung, auf der Schwierigkeit zu beruhen, welche das galvanische Fluidum findet, um von einem in den andern überzugehen. Auffallend schien es z. B. daſs bei minderer Erregbarkeit der Fall Fig. 1. negativ ist und daſs der Erfolg sogleich positiv wird, sobald (wie Fig. 28.) noch ein Metall c unter dem Muskelfleische liegt; oder sobald (wie Fig. 79.) die Metalle m und l sich irgendwo in der Mitte der Kette unmittelbar berühren. Die Leichtigkeit, mit welcher das Fluidum G vom Nerven durch einen homogenen metallischen Bogen in den Muskel strömt *) (Fig. 16.) läſst mich vermuthen, daſs dasselbe weniger Hindernisse bei seinem Uebergange aus einem Metalle in einen thierischen Stoff, als aus einem Metalle in ein heterogenes findet. Kein Wun-

*) — eine Leichtigkeit, von der das Ausbleiben aller Contractionen so oft die Folge ist.

der daher, dafs erst die Anhäufungen in *a*, *c* (Fig. 28.) und *l*, *m*, (Fig. 79.) dem Strome Kraft genug geben, die Organe zu stimuliren.

Ich bin weit davon entfernt, diese Theorie für eine vollständige Erklärungsformel auszugeben; doch kann ich der Hoffnung nicht entsagen, dem Wesen des Galvanismus dadurch um einige Schritte näher gerückt zu seyn. Meine Vorstellungsart von einem in den Organen angehäuften Fluidum, von einer Verstärkung des Stroms durch Hindernifs ist von der, welche andere Physiker geäufsert haben, so verschieden, dafs sie den Einwendungen, welche jene treffen, gänzlich entgeht. Sie beruht auf der Analogie von Thatsachen, die eben so einfach, als unzweideutig sind. Dennoch glaube ich keineswegs das ganze Problem der Excitationskraft aufgelöset zu haben. Verwickelte Erscheinungen können mehr als eine Ursache haben, und es ist immer Gewinn genug, eine davon zu errathen.

Ich halte es für erwiesen, dafs in den erregbaren Organen, so lange sie erregbar sind, ein gewisses Fluidum enhalten ist; ich glaube, dafs dasselbe im natürlichen Zustande der Theile in dem Muskel und Nerven in ungleicher Menge angehäuft ist, so dafs Muskel und Nerv gleichsam als ungleich geladen zu betrachten sind. Diese Ungleichheit ist bei der organischen Verbindung der sensiblen und irritablen Fasern sehr wohl denkbar, wenn man erwägt, dafs hier von belebten Theilen die Rede ist. In dem Nerven und Muskel geht nemlich eine continuirliche

Mischung und Zersetzung von Stoffen vor, und da dieser chemische Lebensprocess in jedem Organe anders modificirt ist, da das galvanische Fluidum ein Hauptagens dabei zu seyn scheint; so folgt daraus von selbst, dass in jedem Zeittheilchen eine mehr, oder minder ungleiche Vertheilung von *G* im Nerven und Muskel statt finden kann. Auf eine ähnliche Weise werden zwei sich berührende tropfbare Fluiden z. B. Oel und Wasser immerdar eine ungleiche Quantität freier Wärme am Thermoskop zeigen, wenn in beiden unaufhörliche Niederschläge erfolgten, das heisst, wenn sich durch den Uebergang flüssiger Massen zum festen Zustande immer der Wärmestoff in ihnen entbindet. Das Gleichgewicht kann nicht erfolgen, da beide Flüssigkeiten eigenthümliche Quellen von Wärmestoff in sich enthalten. Wird die Spitze eines Nerven (Fig. 78.) mittels isolirender Körper gegen sich selbst zurück gebogen, so wird keine Reizung erfolgen, weil der Theil *ab* eine ähnliche Ladung, (das heisst, Anhäufung des Fluidums *G*) als der Theil *cd* hat.

Eben dieser Zustand der Ruhe äussert sich, wenn man den Bauch eines Frosches öffnet und den Schenkel gegen die entblössten, aber mit leitenden thierischen Theilen umgebenen, in ihrer natürlichen Lage befindlichen Ischiadnerven zurückbeugt. Durch dieses Zurückbeugen kann keine Reizung bewirkt werden. Ein Muskel tritt dadurch bloss mit einem Nerven in Contact, mit dem er schon an dem Insertionspuncte organisch verbunden ist. Waren die natürlichen Ladungen beider Organe so

verſchieden, daſs gewaltſame Entladungen daraus erfolgen könnten, ſo würden dieſelben ſich ſchon durch Contractionen äuſsern, wenn man die Maſchine ſich ſelbſt überlieſse, da die Inſertion des Nerven eine leitende Verbindung darbietet. Aus der vorhergegangenen Ruhe läſst ſich alſo ſchlieſsen, daſs auch das Zurückbeugen des Schenkels das Gleichgewicht nicht mehr, als die organiſche Verbindung ſtören kann.

Andere Verhältniſſe treten ein, wenn man die Iſchiadnerven ſo präparirt, daſs ſie frei durch die Luft gehen. Nun bringt das vorige Experiment ſogleich eine fibröſe Erſchütterung hervor. Denn wenn (Fig. 80.) in der belebten Nervenfaſer, *cab*, in dem frei präparirten Theile, *ab*, und dem in Muskelfleiſch eingehüllten, *ac*, in gleichen Zeiten gleiche Mengen von G organiſch abgeſondert werden, ſo muſs *ab* doch ſtärker geladen ſeyn, als *ca*. Jener Theil iſt nemlich durch Luft iſolirt, dieſer von leitenden Stoffen umgeben. In jenen bleibt das galvaniſche Fluidum angehäuſt, dieſen wird es in jedem Augenblicke geraubt. In den erſten Minuten nach Entblöſsung de[illegible]chen Nerven iſt alſo die Differenz der Ladung bei *b* und im Muskel ſehr verſchieden. Wird daher in dieſer Zeit der Schenkel gegen den Nerven zurück gebogen, ſo muſs eine Entladung folgen. Bleibt der Nerv länger entblöſst, ſo hört jene beträchtliche Differenz der Muskel- und Nervenladung auf. Der iſolirte und überladene Theil, *ab*, gibt nemlich nach und nach von ſeinem G an *ac* und an den Muskel *ab*, und geſchieht der Verſuch

später, so kann demnach keine Reizung erfolgen. Mit dieser Theorie stimmt die Erfahrung vollkommen überein. Je entfernter das entblöfste und isolirte Nervenstück, *ab*, von dem Muskel ist, der gegen ihn zurück gebeugt werden soll, desto später wird das Gleichgewicht durch die organische Verbindung hergestellt werden können, desto längere Zeit besteht also auch die grosse Differenz zwischen der Muskel- und Nervenladung. Hierin scheint mir der Grund zu liegen, warum der Versuch (Fig. 6.) der Contact eines Muskels mit dem nächsten Theile seiner Nerven noch nie, wie der Versuch mit dem Ischiadnerven geglückt ist. Ruht der Nerve auf einer untergelegten Zinkplatte, so bringt das Zurückbeugen abermals keine fibröse Erschütterung hervor. Warum? Weil der Zink *G* ableitet und die erforderliche Differenz der Ladung nicht eintritt.

Diese Vorstellungsart, auf welche die einfachste Erfahrung gleichsam von selbst hinführt, eröffnet der Nerven-Physiologie und Pathologie ein neues Feld der Untersuchung. Statt dafs die Voltasche die thierischen Organe als todte Masse (wie feuchte Schwammstücke, oder Bindfäden) betrachtet, so schildert uns jene die Erscheinungen des Galvanismus als eigentliche Wirkungen der Vitalität. Sie zeigt uns die Möglichkeit, wie die Willenskraft durch eben das Medium Muskelbewegung hervor bringt, durch welches der Metallreiz wirkt. Geht nehmlich gleichzeitig mit der Idee des Willens, in der thierischen Maschine ein Procefs vor, durch welchen entweder

im Bewegungs-Nerven selbst mehr Fluidum *G* abgesondert, oder in denselben aus dem Hirne geleitet wird; so wird der inserirte Muskel durch Mittheilung davon empfangen und seine Contraction wird mehr, oder minder heftig seyn, je nachdem das Maafs mehr, oder minder überschritten wird. Dauert die Absonderung im Nerven (oder Hirne) wie bei anhaltendem Drucke fort, so wird die Annäherung der Elemente, oder die Verkürzung der Längenfaser (die Turgescenz) permanent seyn. Strömt hingegen nicht anhaltend neues *G* aus dem Nerven in den Muskel, so wird das empfangene *G* wieder gebunden (oder verflüchtigt) und die Elemente treten wieder aus einander, das heifst, die Fiber erschlafft.

Das Phänomen der Turgescenz (oder der Verkürzung der Längenfaser) läfst sich als Folge einer chemischen Mischungsveränderung, als Folge einer sich ungehindert äufsernden Attractionskraft betrachten. Ich werde am Schlusse dieses Werks eine grofse Anzahl chemischer Versuche erzählen, welche diesen Satz zu begründen scheinen. Hier ist es genug, ihn nur mit wenigen Worten anzudeuten. Die verschiedenen Elemente der Muskelfiber (Phosphor, Kalkerde, Bittererde, Kohlenstoff, Azote, Hydrogen und Oxygen) haben wie alle irdische Substanzen, eine Neigung, sich inniger mit einander zu verbinden, oder näher an einander zu rücken. Da jedes Element eine besondere Ziehkraft nicht nur gegen ein gleichartiges, sondern auch gegen ungleichartige äussert; da ferner diese Kraft durch räumliche Entfernung der Theile und durch Mitwirkung des Wärme-

ſtoffs, der Elektricität, vielleicht auch des Lichtſtoffs modificiret wird; ſo entſteht daraus eine Summe von zuſammengeſetzten Kräften, die ſich gegenſeitig beſchränken und von deren Selbſtbeſchränkung der jedesmalige ſchlaffere, oder verkürztere (härtere) Zuſtand der Muskelfaſer abhängt. So oft alſo eine Miſchungsveränderung in derſelben vorgeht, ſey es, daſs alte Stoffe abgeſchieden werden, welche der Ziehkraft anderer entgegen wirkten, oder daſs neue anneigende Stoffe ſich zu miſchen; ſo müſſen die Elemente näher aneinander rücken und die Längenfaſer muſs ſich verkürzen. Wer mit den chemiſchen Veränderungen in der unorganiſchen Natur nur einigermaſsen bekannt iſt, wird ſich an hundert analoge Fälle erinnern. Wir ſehen chemiſche Affinitäten nur bei einer beſtimmten Beimiſchung von Kohlenſäure, nur unter einer beſtimmten Temperatur (Anhäufung des Wärmeſtoffs) wirken. Wie viel mannigfaltiger müſſen die Bedingungen ſeyn, welche bei den zuſammengeſetzten, geſpannten Affinitätsverhältniſſen der thieriſchen Materie eintreten!

Da viele Erfahrungen lehren, daſs durch Muskelbewegung Oxygen abgeſchieden und latent gemacht, oder das Blut entſäuert wird, und da das galvaniſche Fluidum das Hauptagens bei der Muskelbewegung iſt; ſo vermuthe ich, einen ähnlichen Zuſammenhang zwiſchen jenem Fluidum und dem Sauerſtoffe, als zwiſchen dem letzteren und der Elektricität. Ich vermuthe, daſs durch Zumiſchung von *G* die Verbindung des Hydrogens und Azo-

tes *) mit dem Oxygen befördert wird, und daſs dieſe Elemente der Fiber dadurch näher aneinander rükken, etwa wie der elektriſche Funke luftförmig ausgedehnte, von einander entfernte Subſtanzen Sauerſtoff und Stickſtoff, oder Sauerſtoff und Waſſerſtoff in tropfbare Salpeterſäure und tropfbares Waſſer zuſammen drängt. Die Verkürzung der Fiber kann indeſs nur momentan ſeyn, da die oxydirten Elemente, welche durch das galvaniſche Fluidum ſich genähert haben, organiſch abgeſchieden werden und ihre Stelle durch neues Oxygen, Azote und Hydrogen erſetzt wird. Auf jede Contraction folgt daher Erſchlaffung.

Nach dieſer Vorſtellungsart wird Stärke und Schwäche der fibröſen Erſchütterung mannigfach modificirt. Je gröſser die Menge der Stoffe x und z iſt, welche durch Beimiſchung von G ihren Aggregatzuſtand ändern, deſto ſtärker wird die plötzliche Contraction ſeyn. Da in der Muskelfaſer ſo gut, als in der Nervenfaſer, aber in geringerer Quantität, G abgeſondert, oder hervorgebracht wird, ſo gehen, auch ohne Einwirkung der Nerven, in den Muskeln, von ſelbſt jene Veränderungen des Aggregatzuſtandes von x und z vor. Sie geſchehen allmälig, und ſind zu unbeträchtlich, um Contractionen zu

*) Ich hätte ſtatt des Hydrogens und Azotes eben ſo gut den Kohlenſtoff, oder Phosphor, oder alle dieſe Subſtanzen zugleich nennen können. Ich rede an mehreren Stellen dieſes Abſchnitts nur deshalb beſtimmt, weil unter der beſtändigen Enumeration möglicher Fälle die Deutlichkeit und der Zuſammenhang leidet.

zu erregen. Sie bestimmen blofs den perpetuirlicheren Zustand der Härte und Weiche, der Consistenz, den Ton der Fiber, der bei verschiedenen Individuen so verschieden ist. Setzen wir nun die Menge von *G*, welche aus dem Nerven plötzlich in den Muskel strömt, als eine beständige Gröfse $= r$, so wird diefs r eine stärkere Muskelbewegung erregen, wenn es viel, eine schwächere, wenn es wenig noch unverbundenes y und z einer Muskel antrift. Hieraus wird erklärbar, wie die Abnahme von *G* im Muskel eben so wichtige Folgen nach sich ziehen kann, als die absolute Zunahme von *G* im Nerven oder Hirne.

Die Ursachen einer krankhaften Muskelbewegung sind demnach sehr complicirt. Bei unwillkührlichen krampfhaften Zusammenziehungen kann der Grund im Muskel, oder im Nerven, oder in beiden zugleich liegen. Wird nemlich in dem krankhaften Nerven auf einmal (ohne respondirende Idee in der Seele) zu viel *G* abgesondert, so strömt es von selbst in die Muskelfaser, und erregt eine Erschütterung. Ist in der Mischung der Muskelfaser eine solche Veränderung vorgegangen, dafs in derselben von Zeit zu Zeit weniger *G* als gewöhnlich, abgeschieden wird, so mufs eine Entladung aus dem Nerven erfolgen, falls in solchen Momenten die Differenz des Fluidums in beiden Organen beträchtlich z.B. $> q$ ist. Endlich können auch, in gewissen pathologischen Fällen, die Elemente der Längenfaser selbst durch Zumischung anneigender Stoffe ihre Affinitätsverhältnisse so abändern, dafs die An-

näherung schon bei einer Anhäufung von *G* (Temperatur) kleiner, als *y*, etwa $> \frac{q}{n}$ vor sich geht. Bei der schrecklichen Kinderkrankheit *), einer Art der Chorea, bei welcher der Patient keinen Theil seines Leibes in Ruhe lassen kann, mögen mehrere dieser Ursachen zugleich wirken. Auch zeigt sich hiebei recht deutlich die Existenz jenes regsamen, bei seiner schnellen Anhäufung so furchtbaren Fluidums *G*. Werden dem Kinde die Beine fest zusammengebunden, so nehmen die Bewegungen der Arme und die Verzerrungen der Gesichtsmuskeln zu. Da die Contractionen gehindert sind, so wird das Fluidum nicht verzehrt, oder latent gemacht; es strömt also in andere Theile, und erregt dort oft schmerzhafte Reizungen. Von der Gefühlschwäche, welche nach der willkührlichen Muskelbewegung sowohl, als nach den krampfhaften Entladungen zurückbleibt, rede ich hier nicht, da ich unten darauf zurückkomme. Muskelschwäche und gehinderte Muskelbewegung kann auf ähnliche Art in dem krampfhaften Zustande des sensiblen, oder irritablen Organs gegründet seyn. Der Nerve (oder das Hirn) kann entweder nicht die gehörige Menge von *G* absondern, um die Temperatur $> q$ zu erreichen, oder die Elemente der Fiber können so modificirt seyn, dass sie eine weit höhere unerreichbare Temperatur z. B. eine $> q^n$ verlangen, um ihrer Anziehungskraft

*) Hufeland's Bemerkungen über Kinderkrankheiten, S. 62. Schäffer in der Salzburg. med. chirurg. Zeitung 1793. Beilage zu Nro. 92. Pfündel im Journal der praktischen Heilkunde B. 2. St. 2. S. 243. und besonders 252.

gegenseitig zu folgen, oder der Muskel kann endlich selbst so viel *G* absondern, daſs der Nerv die Differenz > *q* nicht erreichen, und daher kein unverbundenes *y* und *z* antreffen kann. Der letzte Fall mag oft bei gelähmten und dabei nicht nur schlaffen, sondern sogar entzündeten harten Muskeln statt finden. Wie einseitig würde man die Natur thierischer Kräfte beurtheilen, wenn man solche pathologische Zustände einer einfachen Sthenie und Asthenie der Nerven zuschreiben wollte! Doch, ich kehre zu meinen Erklärungen des Galvanismus zurück.

Wird ein metallischer Bogen *v* (Fig. 7.) an zwei Puncte eines entblöſsten Nerven *r* und *s* angeschoben, so werden die metallischen Theile dieses Bogens eine Anziehung gegen das im Nerven angehäufte Fluidum *G* ausüben. Das Fluidum wird, dieser Ziehkraft folgend, bei *r* und *s* austreten, um in *v* einzudringen. Diesem Eindringen stellen sich Hindernisse in den Weg, die Theile des Bogens um *v*, welche noch nicht vom *G* durchdrungen sind, fahren fort, auf das Fluidum, aus der Entfernung zu wirken, dasselbe häuft sich demnach in *m* und *n*, wie vor einem Damme, an. Durch diese Anhäufung würde nicht nur das Nervenstück *r t s*, sondern auch der inserirte Muskel *l* in einen Zustand des Mangels, in einen Zustand — *G* gesetzt werden, wenn die vitalen Actionen nicht diesen Mangel augenblicklich wieder ersetzten. Geschieht nun an einem Puncte *n*, oder *m* (wo zufällig das Hinderniſs am überwindlichsten ist,) der Durchbruch des Stromes, so kehrt das im Bogen angehäufte + *G* in den Nerven und

Muskel zurück. Dadurch werden beide Organe auf einmal wieder erhalten, was sie verloren. Wird aber dadurch die absolute Anhäufung von G im Muskel das Maafs, über welches nur der Aggregatzustand der Elemente x z merklich sich ändert, überschritten? Allerdings, denn während der Anhäufung des Fluidums im Bogen, geht die vitale Absonderung desselben in den Organen fort, und nach dem Durchbruch (wenn man die durchbrechende Menge $= r$ setzt) wird die Temperatur der Organe nicht mehr $= q$, sondern $= q + r$ seyn.

Auf eine ähnliche Weise läfst sich die Möglichkeit des Versuchs Fig. 9. oder der Reizung ohne Kette einsehen. Das Galvanische Fluidum strömt mit ziemlicher Leichtigkeit aus dem Nerven in das eine*) Metall M, mit Schwierigkeit aus einem Metalle in ein anderes, nicht ganz homogenes ein. Nach dem Contacte von M und N zieht N neues G an. Dieses G wird dem Nerven durch den Muskel, diesem aber durch die organische Absonderung ersetzt. Bei t entsteht eine Anhäufung von G, weil das Fluidum ein Hindernifs findet, aus einem Metalle in das andere einzuströmen. Da die Masse von N (man erinnere sich an die Analogie der Gravitation,) fortfährt, aus der Entfernung auf das in M befindliche

*) Ich sage mit Vorbedacht, mit ziemlicher Leichtigkeit; denn selbst ein sehr geringes Hindernifs kann eine Anhäufung veranlassen, die stark genug seyn kann, wirksam zu reizen. Daher ist es sehr denkbar, dafs die oben angegebenen Versuche, in denen der Nerv allein eine Quecksilberfläche berührt, nur einmal wirksam angestellt werden.

G zu wirken, so muss sich dieses in höherem Maasse in *t*, in minderem in *M* vermehren. Geschieht nun der Durchbruch, so wird das in *t* angehäufte Fluidum hinlänglich seyn, um *N* gleichsam zu sättigen; das in *M* angehäufte strömt, von keiner Kraft mehr gezogen, in den Nerven, und aus diesem in den Muskel zurück, wo es die Temperatur *q* vermehrt.

Hat *G* einmal seinen Weg durch den Bogen *mrn* (Fig. 7.) gebahnt, so strömt es ohne Hinderniss durch denselben durch, so lange die einzelnen Theile des Fluidums sich aufeinander folgen. Es können demnach, so lange die Kette geschlossen ist, keine Reizungen erfolgen. Wird aber die eine Seite des Bogens *n* vom Nerven entfernt, und zum zweitenmale an *s* herangebracht, so wird ein neues Hinderniss im Ueberströmen aus dem Metalle in den Nerven bei *s*, und durch dieses eine neue Muskelerschütterung veranlasst werden. Eben so bleibt der Schenkel (Fig. 9.) in Ruhe, bis auf *N* ein neues Metall *o* aufgesetzt wird. Denn *M* und *N* waren nun einmal von *G* durchdrungen, und erst das noch undurchdrungene Metall *o*, welches sich mit *G* zu sättigen strebt, kann einen plötzlichen Durchbruch nach *O*, und ein Zurückströmen in *P* veranlassen. Wird aber, wenn die Kette geschlossen, und der Schenkel in Ruhe ist, ein anderes dem Muskelleiter homogenes Metall zwischen die Nervenarmatur *n* und dem Muskel geschoben, so wird jene Ruhe nicht unterbrochen. Das Fluidum findet nemlich keinen Widerstand, um von dem neuen Leiter durch die, schon mit *G* durchdrungene Nervenarmatur zu

strömen. — Wird die geschlossene Kette geöffnet, und (Fig. 7.) der Leiter *n* vom Nerven entfernt, so entsteht bei der Entfernung bisweilen eine Contraction. Sobald sich nemlich eine dünne Luftschicht zwischen *n* und *s* drängt, so strömt aus der Spitze etwas *G* aus, und diess *G* wird vom Nerven aufgenommen. Vergleiche den Versuch Fig. 65.

Warum nach dieser Vorstellungsart von Verstärkung durch Hinderniss, mit abnehmender Lebenskraft, Metalle, statt thierischer Theile, heterogene, statt homogener gebraucht werden müssen, habe ich schon oben erläutert. Nur der Hauchversuch und die mit ihm zusammenhängenden Versuche werden hier noch eine besondere Aufmerksamkeit verdienen. Die Ketten:

1) Nerv. *P. p. P.* oder Nerv. *P. p. P. p. P.*

2) Nerv. *P. H. p. H. P.* und

3) Nerv. *P. H. P.*

sind bei geringer Reizempfänglichkeit der Theile negativ, dagegen erfolgen Muskelerschütterungen in den Ketten:

4) Nerv. *P. H. p. P.* und

5) Nerv. *P. p. P. p.*

Die Ursachen dieser Phänomene scheinen mir folgende zu seyn. In n 2 und 3 ist das Hinderniss, welches die Kette dem Fluidum entgegensetzt, sehr geringe, da es nicht unmittelbar zwischen heterogenen Metallen circulirt, sondern von einem Metalle in thierische Theile mit Leichtigkeit übergeht. In

n 4 und 5 wird das Durchströmen genugsam gehindert, und die Anhäufung vor dem Durchbruche wird groſs genug seyn, um auch bei der schwächsten Erregbarkeit noch Muskelbewegungen zu erwecken. In der Kette *n* 1 kommen zwar ebenfalls, wie in *n* 5, aneinander gränzende heterogene Metalle vor; aber in den homogenen Metallen *P P*, welche an den Organen anliegen, scheint mir der Grund zu liegen, warum in *n* 1 die Zeit der Anhäufung kürzer, oder das Hinderniſs geringer, als in *n* 5 seyn muſs. Im letztern wird das Fluidum nicht mit gleicher Leichtigkeit aus dem Nerven durch *p* nach *P*, als durch *P* nach *p* strömen. Je später der Strom von *p* her, dem von *P* kommenden entgegenwirket, desto länger wird die zwischen beiden liegende Masse von G undurchdrungen bleiben, oder desto länger wird sie ihre Ziehkraft in der Entfernung ausüben. Rückt aber in *n* 1 der Strom von beiden Seiten der Kette fast mit gleicher Schnelligkeit gegen die Mitte zu, so wird, da dann alle Theile der Leitung schneller von G durchdrungen werden, die Anhäufung von G weit geringer, ja bei minderer Erregbarkeit der Organe zu gering seyn, um eine Contraction des Muskels hervorzubringen. Die Annahme, daſs ein Fluidum leichter von einem Stoffe *p* nach *P*, als von *P* nach *p* gelangen kann, ist nicht bloſs hypothetisch, sondern auf Analogie gegründet. Indem ich über die Modification experimentirte, welche die Elektricität bei ihrem Durchgange durch verschiedene Leiter erleidet, führte mich ein Zufall auf folgende Erfahrung. Die Blätt-

chen eines Bennetſchen Elektroſkops entfernen ſich gleich weit von einander, man mag das $\pm E$ erſt durch Zink, und dann durch Silber, oder umgekehrt, hineinleiten. Wie irrig würde man deshalb auf Gleichheit der elektriſchen Wirkung ſchlieſsen. Man bediene ſich eines feinern Elektroſkops, der freien Zungenwärzchen, und laſſe die *E* aus dem Conductor durch beide Metalle, ſo in dieſelbe einſtrömen, daſs einmal der Zink und einmal das Silber die Zunge unmittelbar berührt, ſo wird man die erſte Reizung ungleich ſtärker als die letzte empfinden! — Noch muſs ich erläuteren, warum die ſo ähnlichen Ketten:

$\underbrace{\text{Nerv. } P.\, p.\, P.}$ und $\underbrace{\text{Nerv. } P.\, H.\, p.\, P.}$

ungleich wirken. Auch hier ergiebt ſich der Grund aus der einfachen Idee der Leitung. In der erſtern Kette übt der mittlere Theil des Bogens *p* nach beiden Seiten gleiche Ziehkraft aus, weil Metall an Metall gränzt. In der zweiten Kette wird die Ziehkraft auf der einen Fläche durch *H* gemindert. Der eine Strom rückt alſo langſamer, als der andere an; der eine kommt dem andern weniger zu Hülfe, der mittlere Theil des Bogens bleibt länger undurchdrungen, und das gröſsere Hinderniſs muſs die gröſsere Exploſion veranlaſſen.

Aus dieſen Betrachtungen über die Wirkung fremdartiger (leitender und halbleitender) Stoffe auf das galvaniſche Fluidum folgt: daſs die Contractionen erfolgen, wenn auch (Fig. 7.) der Strom von *s* und der von *r* zu gleicher Zeit durchbrechen, und

daſs das Strömen ſo <— oder ſo —> hin, hier gar keine nothwendige Bedingung iſt. Geſchähe nemlich der Durchbruch von beiden Seiten zugleich und hielten ſich die beiden Ströme in v auch wirklich das Gleichgewicht, ſo muſs doch eine Muskelbewegung erfolgen. Denn da das, einmal von G durchdrungene Metall aufhört aus der Entfernung zu wirken, ſo wird das vor dem Durchbruche bei m und n angehäufte G gröſstentheils in den Nerven zurückſtrömen und die Temperatur $\dot{y}$ vermehren. Nach welcher Seite hin aber dieſs Zurückſtrömen geſchieht, iſt ganz gleichgültig. Genug daſs die Quantität y überſtiegen wird. — Um endlich der Einwendung zu begegnen, daſs alles im Leiter angehäufte G auch nachmals zu ſeiner Sättigung in ihm gebunden bleibe, werfe man einen Blick auf Fig. 81. Wenn das Fluidum bereits von m bis o und von n bis p vorgerückt und bei o und p angehäuft iſt, ſo fährt der mittlere undurchdrungene Theil ovp fort, ſeine Ziehkraft nicht bloſs auf o und p ſondern auch bis q und r und m und n auszuüben. Ein Magnet wird in v zu gleicher Zeit auf Eiſen in q wirken, wenn ihm auch noch ſo viel magnetiſche Nadeln in o nahe ſind. Ein mit $+E$ geladener Conductor wird negativ geladene Körper in q und m anziehen, wenn ihm auch ähnliche in o näher ſind. Geſchieht nun endlich der Durchbruch des Fluidums G, ſo wird der Theil ovp von G durchdrungen. Zu dieſer Durchdringung braucht nur ein kleiner Theil von dem, in o und p angehäuften verwandt zu werden. Die Ziehkraft, welche ovp in ſeinem vorigen Zuſtande ausübte, fällt nun weg und alles in o, q, m, p,

r und n überschüssige G kehrt in den Nerven zurück *).

Wenn ich den verschiedenen Erfolg der Ketten Nerv. P. p. P. und Nerv. P. p. P. p. durch den Unterschied erkläre, dass in der ersteren der eine Strom dem andern früher, als in der zweiten entgegen kommt, so stütze ich mich hierbei, ausser der Wahrscheinlichkeit, welche in der Sache selbst liegt, auch noch auf einen besondern Versuch. Ist in der zweiten Kette P und p wirklich ungleich, p aber ein noch besserer Leiter als P, so wird die Contraction eben so gut, als in der ersten Kette, ausbleiben. Man setze z. B. für P und p Silber und Gold, so erfolgt Ruhe. Die Leitungskraft dieser beiden Metalle ist, wie andere Versuche lehren, sich entweder sehr gleich, oder (da ein einfacher homogener Bogen von Gold früher aufhört zu wirken, als ein silberner) Gold ist wahrscheinlich ein noch vollkommenerer Leiter als Silber In dem erstern Falle sind die Ketten Nerv. P. p. P. und Nerv. P. p. P. p. identisch; in dem zweiten rücket der Strom, welcher vom Golde herkommt, dem andern noch früher und weiter entgegen, als wenn P und p homogen wären. Der Durchbruch muss also noch früher erfolgen und die Reizung noch schwächer, als in der ersten Verket-

*) Sollen die Versuche mit der Kleistischen Flasche eben so genau zergliedert werden, so bedeute *np* und *mo* vollkommene Leiter, *po* aber einen Halbleiter, die + *E* wird nun auf einmal bis *p*, die — *E* bis *o* gelangen. Der Durchbruch durch *o p* selbst ist ebenfalls Folge einer *actio in distans*, deren Möglichkeit metaphysisch erwiesen ist. Vergl. Kant's Anfangsgründe der Naturw. S. 59.

tung seyn. Dafs es bei diesem Entgegenrücken der Ströme gar nicht auf die absolute Länge der Leitungen ankommt, bedarf keiner Erinnerung. Eine gröſsere Masse wird einen längern Weg vorlegen, aber auch eine gröſsere Ziehkraft ausüben.

Ich habe im vorigen darauf aufmerksam gemacht, dafs wenn (Fig. 7.) der Strom von beiden Seiten *n* und *m* zugleich nach *v* hin durchbricht, alles überschüssige *G* auch von beiden Seiten wiederum in den Nerven zurück fliefsen würde. Ist hingegen das eine Ende des Bogens, z. B. *n*, ein besserer Leiter als *m*, und ist, wenn der Durchbruch geschieht, der Strom von *n* aus bereits weiter, als der von *m* her vorgerückt, so ist es denkbar, dafs der erstere vom letzteren überwältigt wird und dafs nun das überschüssige *G* nur von einer Seite her zurückkehrt. Im ersteren Falle wird also alles *G* in einen Punct der erregbaren Organe concentrirt, im zweiten wird es auf zwei Puncte vertheilt. Liegen diese beiden Puncte nahe neben einander, so wird die Wirkung, wie bei einem seyn, weil alles empfangene *G* sich so schnell concentriret. Je entfernter aber die Puncte sind, desto schwächer wird sich die Reizung zeigen. Durch diese Betrachtungen erklärt sich einigermaafsen der schöne Versuch des Herrn Volta, bei welchem die beiden Frosch-Extremitäten in zwei Weingläsern liegen und der silberne Bogen, an beiden Enden, bald mit einer Säure, bald mit zwei verschiedenen bestrichen wird. Sind (Fig. 82.) die Säuren *m* und *n* völlig gleich, so wird der Durchbruch zugleich ge-

ſchehen, das galvaniſche Fluidum, welches ſich in v gleichſam begegnet, oder ſtauet, wird zu beiden Seiten, nach m und n, in die Organe zurück flieſsen. Dieſe Quantität von G, welche aus m ausſtrömt, ſey $= x$, die aus $n = z$. Die Temperatur der untern Extremität nimmt alſo bei dieſem Verſuche nur um z zu. Iſt der Bogen v hingegen in zwei verſchiedene Säuren m und n getaucht, ſo überwindet der Strom von einer Seite zuerſt das Hinderniſs; der durch m früher durchbrechende reiſst den, von n her kommenden mit ſich fort, und nun empfängt die untere Extremität nicht mehr z, ſondern $z + x$. Aus dieſem plötzlichen Eindringen einer gröſsern Menge von G wird die ſtärkere Reizung ſehr erklärbar. Ja dieſelbe würde gleich ſtark bleiben, wenn bei der beſchriebenen Vorrichtung die zwei Einſtrömungspuncte auch noch ſo nahe an einander lägen. Jede Extremität iſt nemlich in Waſſer getaucht und bei gleichen Stoffen m und n würde von dem z, welches der Nerv empfangen hätte, unter ſolcher Ableitung, ſchwerlich viel nach den organiſch verbundenen Theilen im andern Glaſe übergegangen ſeyn.

Die Frage, ob im natürlichen Zuſtande der Muskel mehr galvaniſches Fluidum als der Nerv enthalte, ſcheint nicht allgemein beantwortet werden zu können, da es ihr an Beſtimmtheit fehlt. In dem Augenblicke, da die Willenskraft eine Muskelbewegung hervor bringt, halte ich die Ladung der Nerven für ſtärker, da denn mehr G in denſelben erzeugt oder aus dem Hirne in ihn geleitet wird. Iſt aber die Entladung (ſey es willkührliche, oder krampfhafte)

geschehen, so hört jene starke Anhäufung auf. Wird ein Theil der Nerven frei heraus präparirt, so dass er von der Luft, einem isolirenden Medium, berührt wird, *) so nimmt die Ladung dieses Theils wieder zu, weil (Fig 80.) in *a b* und *c a* gleichviel *G* durch den Vitalitätsprocess abgesondert, aber in *a b* weniger abgeleitet wird. Dieses Uebergewicht der Ladung im Nerven, erhält sich auch in der Folge. Zwar bleibt es nicht so gross, als es in den ersten Minuten nach der Entblössung war, weil die Nervenfaser nach und nach durch ihre organische Verbindung von ihrem *G* an den Muskel abgiebt. Das völlige Gleichgewicht wird aber nie hergestellt, da die Isolation in jedem Augenblicke zu wirken fortfährt, und sich dagegen der Muskel gar noch in einem perpetuirlichen Zustande der Verdampfung befindet. Dieser Unterschied der Ladung äussert sich sehr auffallend bei Schliessung der Kette. Fängt man dieselbe (Fig. 84. und 83.) vom Muskel zu schliessen an, so ist die Contraction heftiger, als wenn Fig. 85. das Silber *N* erst die Nervenarmatur *M* und dann den Schenkel berührt. In den ersten beiden Fällen geschieht nemlich der Durchbruch vom schwächer geladenen Muskel her, also dauert die Anhäufung länger, und der Effect ist grösser, als im letzten Falle, wo der stärkere Strom schneller durchbricht. Wegen Relation der Begriffe von Kraft und Hinderniss kann man die Kraft als gleich, und die Hindernisse als verschieden betrachten.

*) Auch der elektrische Zitterfisch wirkt viermal stärker in der Luft, als im Wasser.

Aus der ungleichen Ladung des Muskels und Nerven wird auch erklärbar, warum es nicht gleichgültig für den Effect ist, wie *P* und *p* an den Organen vertheilt sind, ob Silber, oder Zink in der Kette Nerv. *P*. *p*. am Muskel anliegt. Strömt nemlich das galvanische Fluidum leichter in ein Metall, als in ein anderes, leichter in *P* als *p* ein, so muſs das Hindernifs und also auch die Reizung gröfser seyn, wenn *p* und nicht *P* dem aus dem Nerven strömenden schwächern *G* entgegen steht.

Die verschiedene Masse der Leitung modificirt ebenfalls die Stärke der Contractionen. Länge des Bogens, oder Breite desselben, wo er die Organe nicht berührt, sind gleichgültige Bedingungen. Die längere Kette wird zwar mehr *G* anhäufen, weil der undurchdrungene mittlere Theil desto gröfser bleibt und desto stärker zieht. Die Zeit, in der die Anhäufung geschieht, wird aber auch um so kürzer seyn, da auf einem Puncte um so mehr *G* concentrirt wird, und daher der Durchbruch desto schneller geschieht. Die Quantität *G*, welche zur Sättigung des metallischen Bogens gehört, oder welche nach geschehenem Durchbruche in ihm verweilt, ist nemlich unveränderlich, nicht aber die, welche das gegebene Hindernifs überwältigt, Eine kleinere Kraft kann, vortheilhaft angewandt, eine Wirkung thun, welche die einer gröfsern übertrift. Die Hindernisse, (Fig. 81.) welche in *q* und *o* sind, werden z. B. schwerer überwunden werden, wenn die getheilten Kräfte *y* und *z* gegen *q* und *o* pressen, als wenn auch nur ihre halbe

Summe $\frac{1}{2}$ $(y + z)$ auf q allein wirkt. Es ist sehr denkbar, daſs bei dem plötzlichen Durchbruch durch q dann auch o nachgiebt.

Wenn die gröſsere Masse, oder Fläche des Leiters, wie Fig. 81. und Fig. 89. an dem Muskel selbst anliegt, so treten ganz andere Verhältnisse ein. Angenommen auch, daſs in Fig. 81. 86. 87. und 89. der Durchbruch zu gleichen Zeiten, und bei gleicher Anhäufung von G im Bogen geschieht, so muſs die Reizung in den beiden letzten Fällen doch stärker, als in den beiden ersten seyn. Hier strömt nemlich nach dem Durchbruch das Fluidum durch mehr Berührungspuncte, also auf einmal in gröſserer Menge, in den Muskel zurück, als in Fig. 81, wo es die Rückkehr durch weniger Puncte nimmt. Im letztern empfängt z. B. der Muskel im ersten Momente nach Ueberwindung des Hindernisses nur eine Quantität $\frac{z}{n}$, wenn er in Fig. 89. und 87. eine Quantität z empfängt. Eine plötzlich erhöhte Temperatur muſs eine stärkere Veränderung nach sich ziehen, als eine allmählig erhöhte. Ja nimmt man auf den Verlust x Rücksicht, welchen die Leitung selbst durch Verdunstung auf der Oberfläche leidet, so ist einzusehen, daſs, wenn auch in jedem von n Momenten ein Quantum $= \frac{z}{n}$ einströmt, dasselbe doch nie die Gröſse z, sondern $z - x$ betragen wird. Das x wächst aber mit der Feinheit der Spitze m, (Fig. 81.) welche die Schnelligkeit der Rückkehr von G modificirt. Die Erfahrung bestätigt auch hier die Theorie; denn bei mat-

ten Individuen ist die Breite der Muskelarmatur den Contractionen sehr günstig. Die Gröfse der Nervenarmatur wirkt unmerklicher, denn da der Durchbruch in Fig. 89. und 88. wo in der ersteren die gröfsere Fläche gegen den Muskel, in der letztern gegen den Nerven gerichtet ist, der Durchbruch von g her, oder durch den stärkern Strom aus dem Nerven geschieht, so ist leicht einzusehen, dafs es nicht gleichgültig ist, an welchem Ende des Bogens die breite Berührungsfläche liegt.

Der Umstand, dafs Schlagen der Metalle, oder Erschütterung derselben den Effect bei mattern Individuen befördert, scheint ebenfalls mit dieser Theorie vereinbar. Mechanische Schwingung der Theile kann leicht dem Fluidum ein neues Hindernifs, sie zu durchströmen, setzen. Dieses Hindernifs kann selbst chemische Ursachen haben; denn wir sehen den Wärmestoff, den magnetischen und elektrischen Stoff durch Erschütterung frei werden!

Da endlich während der Anhäufung des Galvanischen Fluidums im Leiter die belebten Nerv- und Muskelfasern fortfahren, diese ihre eigenthümliche thierische Flüssigkeit organisch abzusondern, so folgt hieraus unmittelbar, dafs dieses Secretionsvermögen desto häufiger in Thätigkeit gesetzt werden mufs, je öfter der Galvanische Versuch angestellt, oder durch Galvanische Leiter die belebte Materie gleichsam ausgepumpt wird. Kein Wunder daher, dafs bei dieser unnatürlichen Anstrengung die galvanisirten Froschschenkel früher als andere gleich präparirte in Fäulnifs übergehen.

Ich wiederhole am Schlusse dieser Erklärungen die Hauptsatze dieser Theorie, welche auf einfachen statischen Begriffen von Anziehung, Stofs, Hindernifs, Geschwindigkeit und Kraft beruht und sich von andern Vorstellungsarten auch dadurch unterscheidet, dafs sie die Möglichkeit zeigt, wie einerlei Verkettungen bald positive, bald negative Resultate geben können.

1) Der Zustand der Muskelfaser, in Hinsicht auf Erschlaffung, oder Verkürzung, wird durch die Ziehkraft, Affinität, bestimmt, welche die Elemente der Faser gegen einander äufsern.

2) Jede Mischungsveränderung, welche in den Organen vorgeht, modificirt diese Ziehkraft. Eine plötzlich eintretende Modification derselben bringt die Erscheinung der Contraction hervor.

3) In der belebten Nerven- und Muskelfaser wird ein Fluidum abgesondert, welches, da beide Fasern organisch mit einander verbunden sind, aus jener in diese überströmen kann.

4) Diefs plötzliche Ueberströmen bei ungleicher Anhäufung verändert die Ziehkraft der Elemente und ist eine Hauptursach fibröser Erschütterung.

5) Bei der willkührlichen Muskelbewegung scheint gleichzeitig mit der Idee des Willens, die organische Absonderung jenes Fluidums im Hirne, oder Nerven, plötzlich vermehrt zu werden und eine Entladung, oder ein plötzliches Ueberströmen in den Muskel zu veranlassen.

6) Wird ein Nerv so frei heraus präparirt, dafs er von einem isolirenden Medium, Luft, umgeben ist, so wird seine Ladung dadurch vermehrt und ihre Differenz von der des Muskels kann = y seyn. Nach einiger Zeit nimmt diefs y ab, weil der Nerv in den Muskel inserirt ist und sich allmälig mit ihm ins Gleichgewicht zu setzen strebt.

7) Wird daher vor der Abnahme von y, ehe das Gleichgewicht wieder hergestellt ist, der Muskel mit dem Nerven in Contact gebracht, so mufs eine Contraction erfolgen, und sie wird um so heftiger seyn, je entfernter der Muskel vom Nerven liegt.

8) Macht man eine leitende Verbindung von einem Puncte des Nerven zu dem andern, so wird das galvanische Fluidum, vom Leiter angezogen, durchzuströmen sich bestreben; da es aber Hindernisse zu überwältigen findet, sich anhäufen. Während dieser Anhäufung fährt die Lebenskraft fort, in dem Organe neues *G* abzusondern. Wenn demnach der Durchbruch geschieht und das angehäufte *G* zurückströmt, so mufs dadurch plötzliche Ueberladung und Contraction entstehen.

9) Je gröfser die Hindernisse sind und je später der Durchbruch geschieht, desto wirksamer mufs derselbe seyn. Das galvanische Fluidum scheint leicht in thierische Stoffe, schwerer in metallische, am schwersten aus einem Metalle in ein heterogenes überzuströmen. Sollen demnach

bei minderer Reizempfänglichkeit die Muskelbewegungen eben so lebhaft, als bei höherer eintreten; so müssen die leitenden Kettenglieder so disponirt seyn, dafs die Hindernisse für den Durchbruch des Fluidums zunehmen.

10) Da jede Verbindungskette an zwei Puncten mit den Organen communiciret, so entstehen zwei Ströme in entgegengesetzter Richtung. Sind dieselben völlig, oder ziemlich gleich, so ist der Effect der Reizung schwächer, weil ein Strom dem andern entgegeneilt, das Metall früher durchdrungen wird, und der Durchbruch früher eintritt.

11) Ist der eine Strom um vieles schwächer, als der andere, so wird er nicht blos diesem langsamer zur Unterstützung voreilen, und dadurch den Effect mehren, sondern er wird auch, wenn endlich der verspätete Durchbruch geschieht, von jenen mit fortgerissen werden, wodurch die Reizung mehr auf einen Punct concentrirt wird.

12) Alle diese angegebenen mechanischen Verhältnisse schliessen die Coexistenz anderer mitwirkender, chemischer Ursachen nicht aus; es ist mir vielmehr höchst wahrscheinlich, dafs diese, z.B. die eigenthümliche elektrische Ladung der Metalle, ihre Temperatur, ihr Einflufs auf die Verdampfung und selbst auf Zersetzung tropfbarer Flüssigkeiten, die Hindernisse modificiren, welche das galvanische Fluidum zu einem gewaltsamen Durchbruch veranlassen.

Wer mit dem Zuſtande der Chemie und Phyſik gründlich bekannt iſt, wird ſich nicht wundern, wenn die Theorie bei ſo wenigen Datis Lücken übrig läſst, welche erſt durch die künftigen Fortſchritte unſerer Erkenntniſs in mehreren Wiſſenſchaften ausgefüllt werden können. Ich ſchmeichle mir daher, daſs die Vorſtellungsart, auf welche ich ſo verwickelte Erſcheinungen zu reduciren geſucht habe, ſtatt den Wahn der Vollendung zu verbreiten und durch dieſen von neueren Unterſuchungen abzumahnen, vielmehr zu denſelben hinleiten und die groſse Bahn, welche noch zu durchlaufen vor uns liegt, in hellerem Lichte darſtellen ſoll.

Um die Aufmerkſamkeit auf die bisher entwickelten Gegenſtände nicht noch mehr zu theilen, habe ich mich bisher des Ausdrucks: Galvaniſches Fluidum, bedient, ohne etwas über ſeine Natur und ſeine Verhältniſſe zu andern längſt bekannten Stoffen zu beſtimmen. Jetzt iſt es Zeit, auch dieſe zu unterſuchen. Die Frage, ob die Erſcheinungen des Metallreizes überhaupt auf ein überſtrömendes, ſich zumiſchendes, durchbrechendes Fluidum hindeuten, oder ob dieſelben nicht Kräften, die aus der Ferne wirken, durchdringenden Kräften (im Gegenſatz der Flächenkräfte) zugeſchrieben werden können, würde zwar die Exiſtenz jenes Problems ſelbſt untergraben. Sie gehört aber zu den ſkeptiſchen Fragen, deren apodiktiſche Beantwortung der Phyſik bisher unmöglich war, zu den Aufgaben, ob Licht und Wärme, Stoffe oder Wirkungen der Be-

wegung sind. Ich kenne die metaphysischen Schwierigkeiten, in welche man sich bei Annahme so vieler Arten von Materie verwickelt; ich kenne die Frage, welcher Stoff den Wärmestoff ausdehnt, wenn man den Zustand der Flüssigkeit und Starrheit nicht den eigenthümlichen Attractions- und Repulsionskräften der Materie zuschreibt, ja dem Wärmestoffe allein eine Expansivkraft, der Luft eine blofs abgeleitete nicht ursprüngliche Elasticität (willkührlich) beilegt; ich bin überzeugt, dafs unsere sogenannte Heterogeneität der Elemente nur auf einem verschiedenen Zustand einer und derselben Materie beruht: aber ich glaube, dafs bis jetzt die Naturwissenschaft dabei gewinnt, wenn man, wo man chemische Mischungsveränderungen vorgehen sieht, auf den Beitritt eigener Materien schliefst.

Wenn die glänzende Epoche je eintreten sollte, in welcher chemische Wirkungen auf dynamische Gesetze und die specifische Verschiedenheit der Materien, auf die Verschiedenheit in der Verbindung der ursprünglichen Kräfte der Zurückstofsung und Anziehung, zurückgebracht werden; so wird es dem künftigen Reformator leicht seyn, auf einmal aufzuklären, was jetzt im einzelnen nur neues Dunkel erzeugen würde. So lange reden wir von Magnet- Licht- und Wärmestoff, wie der Analytiker mit unbekannten Gröfsen rechnet. Nur müssen wir uns erinnern, dafs die Existenz jener Stoffe nicht wie die des ponderablen Bleis und Zinnes erwiesen ist, und dafs es vielleicht eben so wenig einen Lichtstoff, als einen Schallstoff giebt. Nur müssen wir uns hüten, wo dynami-

Auch haben, ohne jenen speculativen Streitpunct zu berühren, alle Physiker, welche bisher über die Ursachen des Metallreizes theoretisirten, die Nothwendigkeit gefühlt, seine Wirkungen einem überströmenden, sich mittheilenden Stoffe zuzuschreiben. Nur in der Bestimmung der Natur jenes Stoffs sind sie bisher sehr uneinig gewesen. Galvani, Valli, Aldini, Volta, Vassali, Corradori und Darwin hielten ihn mit dem elektrischen Fluidum identisch; Fowler, Cavallo und Creve suchten diese Identität zu widerlegen. So wenig die Gründe, welche die letztern, besonders Herr Creve, anführt, mich überzeugen, so wenig kann ich an das Daseyn eines elektrischen Stoffes glauben. Da es in der Physik, wie in der Naturbeschreibung *) unendlich wichtig ist, Substanzen so lange durch verschie-

temporäre Hemmung an Intensität der stossenden Kraft vermehrt wird. Was oben von Leitung der Kettenglieder, von Verstärkung des Stroms durch Hinderniss gesagt ist, läfst sich daher leicht phoronomisch übersetzen. Auch die Frage, ob Galvanismus und Elektricität identisch sind, behält ihren Sinn, wenn auch keine eigenen materiellen Substrata in den galvanischen und elektrischen Erscheinungen wirken. Es ist denkbar, dass eine Art der schwingenden Bewegung x, den Eindruck des Lichts, eine andere y, den Eindruck der Wärme, eine dritte z, (die aus beiden Bewegungen zusammengesetzt ist) die gleichzeitigen Wirkungen des Lichts und der Wärme (Elektricität?) hervorbringt. Wie niederschlagend wäre in der That auch die Betrachtung, dass alle bisherigen Speculationen über Capacität und Leitungskraft der Körper für den Wärmestoff entbehrlich würden, sobald erwiesen werden könnte, dass Erwärmung ohne den Beitritt einer eigenen Materie geschähe!

*) Schrank's Bairische Flora, B. I. S. 38.

dene Benennungen zu unterscheiden, bis ihre Gleichartigkeit apodiktisch erwiesen ist, so bediente ich mich bisher des Ausdrucks: Galvanisches Fluidum. Der vielleicht sich empfehlendere Name: Nervenfluidum, würde zu dem Missverständnisse Anlass gegeben haben, als wäre jene thierische Flüssigkeit der sensiblen Fiber allein eigen. Zu dieser Annahme sind wir aber durch keine Erfahrung berechtigt, und ich halte es für einen Vorzug der Theorie, welche ich oben aufgestellt, dass sie auf die Existenz eines Stoffs hinweist, der dem Nerven sowohl, als dem Muskel eigenthümlich ist, und durch seine plötzliche Anhäufung fibröse Erschütterungen und Empfindungen zugleich erregen kann. Jene Theorie lässt es dazu noch unentschieden, welcher Natur die überströmende Flüssigkeit ist, ja sie bleibt, in so fern sie auf construirbaren Begriffen beruht, gleich fest gegründet, der circulirende Stoff mag dem Wärmestoffe, oder dem Lichtstoffe, oder dem Oxygen, oder dem Azote, oder der Elektricität verwandt seyn.

Um das nicht zu wiederholen, was der Fleiss anderer Schriftsteller bereits über diesen Gegenstand gesammlet hat, *) zähle ich bloss die Gründe auf, welche mir für die wahrscheinliche Identität des galvanischen und elektrischen Fluidums zu sprechen scheinen. Ich kann sie nur auf vier reduciren.

*) Aldini l. c. p. 2. 38. 41. Gren's Journal B. 7. S. 69, und B. 8. S. 310. Pfaff a. a. O. S. 200. 306 — 324. 370. 374 und 390.

1) Bei heftigen Muskelbewegungen zeigt der thierische Körper deutliche Spuren freier Elektricität. Ich erinnere blofs an die Beifpiele der Madame de Seval, der Lady Baltimore, des Carlo Gonzaga, Herzogs von Mantua, und des Theodorichs (des Vaters des Visigothifchen Königs,) welcher im Gehen Feuer fprühte. *). Bei fenfibler Schwäche, welche durch Anftrengung im Denken entfteht, beim Kopfweh z. B. ftrömen die Haare bisweilen *E* aus. Sie ftrāuben fich und finken, wenn man fie mit metallifchen Stoffen berührt. Selbft das plötzliche Sträuben beim Schreck fcheint ein elektrifches Phänomen zu feyn, da es aus anatomifchen Gründen wohl fchwerlich als Turgefcenz durch einftrömende Flüffigkeit (wie Prochasca das Schwellen des Muskels erklärt) zu betrachten ift.

2) Das galvanifche Fluidum wird, wie das elektrifche, durch Glas, Oel, Harz und Siegellack ifolirt, und durch metallifche kohlenftoffhaltige und mit Waffer befeuchtete Stoffe geleitet. Elektrifche Schläge folgen fichtbar dem Laufe der fenfiblen Fafer. **)

*) Kühn über die Wunderhand des Gr. von Thun, S. 6. 9. *Tiffot maladie des nerfs, T. 1. P. II. p.* 385. Gren's Journal, B. 6. H. 18. S. 412 Von den Lichtenbergifchen Figuren auf dem Rücken eines, vom Blitz getroffenen, S. Mayer in Theden's Neuen Bemerkungen zur Wundarzneikunft, Th. 3. S. 166. *Rozier Journal de Phyfique*, 1793. *p*. 293.

**) Man behauptet auch, dafs ein erwärmter Turmalin lebhaft die fenfible Fafer anziehe und abftofse. Ich habe das

3) Der Geschmack, welchen das Voltasche Zungenexperiment mittels des Metallreizes hervorlockt, ist dem, welchen einströmende Elektricität erregt, sehr analog. Ja, Herr Abilgaard *) hat sogar die scharfsinnige Bemerkung gemacht, dass zwischen Wirkung positiver und negativer Elektricität ein eben so auffallender Unterschied ist, als wenn man beide Zungenflächen mit Zink und Silber armirt und die Armaturen verwechselt.

4) Das galvanische Fluidum stimmt auch dann mit dem elektrischen überein, dass es, wenn alle andere Stimuli längst unwirksam sind, noch wie dieses den Nerven zur Contrahirung der Muskelfaser reizt.

Wenn ich auch nicht durch eigne Versuche in den Stand gesetzt worden wäre, eben so wichtige Gründe gegen die Identität der Stoffe *E* und *G* anzuführen, so würde mich doch schon die Vorsicht

Experiment wiederholt angestellt, aber gefunden, dass der Nerv sich dabei wie jeder andere leichte Körper verhalte. Möchte man doch richtig sehen, ehe man beschriebe!

*) Dieser scharfsinnige Physiolog schrieb mir am 15. Sept. 1795. aus Koppenhagen:
„Wenn sie mit dem verschiedenen Geschmacke der „entgegengesetzten Elektricitäten bekannt sind, so „werden sie finden, dass wenn sie die Zunge mit Zink „und Gold, oder mit Blei und Gold, oder mit Zink „und Silber, oder mit Blei und Silber armiren, dass „Zink oder Blei allemal + *E*, und dass Gold oder „Silber — *E* bekommen. Ich habe diese Bemerkung „dem D. Pfaff, ehe er nach Italien ging, mitgetheilt, „und er fand sie richtig."

gegen jene Analogien misstrauisch machen. Gesetzt auch, dass bei jeder Muskelbewegung *E* sichtbar auf Elektroskope reagirend entbunden würde, so folgte hieraus nach logischen Regeln noch keineswegs, dass das, was die Contraction veranlasse, aus dem Nerven überströme, *E* selbst sey. Ein unausbleiblich concomitirender Umstand ist allerdings eine Grund enthaltende Bedingung, wenn er der Erscheinung selbst vorausgeht. Wie kann aber bei instantaneen Wirkungen Ursach und Folge unterschieden werden. Wir wissen, dass *E* wie Wärmestoff und magnetisches Fluidum durch mechanische Erschütterung und Reiben frei gemacht wird. Wie also, wenn *E* zu den Elementen der Muskelfaser gehörte und durch die Contraction ausgeschieden würde? Dann könnte die fibröse Erschütterung durch ganz heterogene Stoffe, Oxygen, Azote, u. s. f. erregt werden, und diese Stoffe hingen mit der elektrischen Erscheinung nur mittelbar zusammen. Wie, wenn durch dieselbe Mischungsveränderung, welche die Contraction veranlasst, Oxygen mit Phosphor zur Phosphorsäure, Phosphor mit Azote zum gephosphorten Stinkstoff und andere Elemente α, β, γ..., zur Bildung des elektrischen Fluidums zusammenträten? Ich hebe von vielen möglichen Fällen nur einzelne Beispiele heraus. Für die Physiologie ist es wichtig, selbst diese möglichen Erscheinungen kennen zu lernen, weil ohne dieselben die grossen Processe in den geheimen Werkstätten des Organismus nur einseitig beurtheilt werden können!

Die Analogie, welche von dem Geschmake hergenommen wird, ist noch minder entscheidend. Specifisch verschiedene Stoffe können ähnliche Eindrücke auf die Sinnorgane machen. Wenn der Vorstellung von einem Geschmacke eine Mischungsveränderung in den Geschmacknerven selbst entspricht, so ist es sehr denkbar, dass die heterogensten Substanzen, als Stimuli, ähnliche Veränderungen hervorrufen. Was in der Seele wahrgenommen wird, kann nur ein Process seyn, der in dem thierischen Körper selbst vorgeht. Nach den Vorstellungen der gröbern Corpuscularphilosophie (welche leider! noch so vielen Lehrbüchern der Physiologie und Naturlehre verborgen zum Grunde liegt,) ist freilich jeder Materie eine eigene Grundgestalt eigen, und homogene Metalle sind gleichartig geformt. Nach diesen Vorstellungen erregen vieleckige scharfkantige Theile einen scharfen, stumpfkantige, einen milden Geschmack. Wie unhaltbar findet man aber diese Theorie, wenn man die Natur der flüssigen Stoffe erwägt, welche schlechterdings nicht als Aggregate kleiner, starrer (fester) Körperchen betrachtet werden dürfen! *) Wie unbefriedi-

*) Met. Anfangsgründe der Naturwissenschaft, S. 89. 96. Ich fürchte nicht durch die beständige Rücksicht, welche ich auf dieses Meisterwerk nehme, den Leser zu ermüden. Wer lieber bei den Erscheinungen selbst stehen bleibt, und feinere Zerlegungen der Begriffe scheut, wird ein Paar Blätter leicht überschlagen. Wer gern weiter hinaufsteigt, dem wird jene stete Rücksicht auf Kant's Naturwissenschaft ohnedies angenehm seyn. Da ich wünschte gründlich zu verfahren, konnte ich mich nicht nach der Laune zweier Partheyen richten,

gend ist nicht die Reduction aller Nerven-Eindrücke auf mechanische Schwingung gespannter Saiten! Form und chemische Mischung der Elemente wirken gewiss gleichzeitig zur Erregung sinnlicher Eindrücke, so wie der Process selbst, (die Veränderung) welcher im Nerven erregt wird, und der die Seele percipirt, das gleichzeitige Resultat mechanischer Kräfte ist. Wo eine Materie wirkt, kann ich mir sie nur als mit allen ihren Eigenschaften wirksam denken. Nenne ich nun die Ver änderung, welcher eine bestimmte Geschmacksidee respondirt y, und die Stoffe, welche dabei wirken, und als Grundhaltende Bedingungen zu betrachten sind, α, β, γ, so wird jene Veränderung eintreten, wenn der Stimulus zu zwei in dem Organe schon enthaltenen Stoffen den dritten zumischt, α zu β und γ, oder γ zu α und β, oder β zu α und γ. Dieses rohe Beispiel, welches auch auf andere Sinneseindrücke auszudehnen ist, zeigt 1) wie drei heterogene schmeckbare Substanzen einerlei, oder ähnliche Geschmacksempfindungen erregen können, 2) wie diese Empfindungen, bei einem Stimulus, nach Beschaffenheit des Organs verschieden, und 3) wie ein vorhergehender Geschmackseindruck den darauf folgenden fast gänzlich unwirksam machen kann.

von der die eine „die Vernunft auf dem Polster dunkler „Qualitäten zur Ruhe bringt," „die andere a priori ent„wickeln will," was nur durch Beobachtung, Experi„mente und Anwendung der Mathematik auf äussere „Erscheinungen, aufgefunden wird."

Wenn man nemlich auf die zahllose Verschiedenheit der Verbindungen, welche bei vier und fünf Stoffen nach dem Verhältnisse ihrer gegenseitigen Umhüllungen möglich sind, Rücksicht nimmt, so wird es denkbar, dass alle Geschmacksempfindungen, deren wir fähig sind, vielleicht auf dem Ineinanderwirken derselben vier bis fünf Substanzen (Oxygen, Azote, Phosphor, Wasserstoff, Kalkerde) beruhn. Hängt nun die Stärke eines Geschmacks von der Menge der zersetzten Elemente ab, so ist es erklärbar, warum, wenn der erstere Stimulus der sensiblen Fiber, z. B. viel Azote entzogen hat, der zweite, bei dem das Azote wieder eine Rolle spielt, unwirksamer seyn muss. Ist hingegen eine beträchtliche Zwischenzeit zwischen den beiden Eindrücken, so wird der fehlende Stoff durch die organischen Kräfte wieder ersetzt, und Milch ist dann auch nach der heftigsten Säure wieder schmeckbar. So lassen sich sinnliche Erscheinungen sinnlich erklären, ohne auf Gegenwirkungen des innern Sinnes, und sein geheimnissvolles Verkehr mit der materiellen Welt zu recurriren.

Noch weniger, als die Aehnlichkeit der Geschmacksempfindung für die Identität des elektrischen und galvanischen Fluidums entscheidet, darf die blitzartige Erscheinung im Hunterschen Versuche dafür angeführt werden. Das Lichtsehen ist etwas ganz subjectives, und beweist noch gar nicht das Daseyn eines freien Lichtstoffs. Man vergleiche die Beobachtungen über die mechanische Reizung der Seh-

nerven, *) und über die Sympathie bei der Wirkung des Oxygens auf die Geruchsnerven in dem neunten Abschnitte. — Auf diesen letzteren Nerven, der für die elektrische Ausströmung sehr empfänglich ist, äusert der Galvanismus gar keinen specifiken Reiz. Franklin hat zuerst beobachtet, dass Thiere, oder auch einzelne Glieder von Thieren, deren Irritabilität durch heftige elektrische Schläge vernichtet, oder durch wiederholt erzwungene Contractionen erschöpft worden ist, schnell in Fäulniss übergehen. Eben diese Erfahrung habe ich mehrmals beim Galvanisiren der thierischen Materie gemacht. Froschschenkel, auf welche der Metallreiz lange gewirkt hat, faulen mehrere Tage früher, **) als andere, welche ungalvanisirt blieben. Bei dem weichen gallertartigen Körper der verlarvten Frösche (gyrini) ist der Unterschied am auffallendsten. Dennoch beweist diese Beobachtung nichts für die Identität des galvanischen und elektrischen Fluidums. Heftige Gifte, besonders Vipern- und Ticunnagift wirken eben so auf die Beschleunigung der Fäulniss, und wer würde darum auf die Gegenwart eines Stoffes in so heterogenen Reizmitteln schliessen!

Unter

*) Mechanische Erschütterung bringt Lichterscheinungen hervor. Der Geruch- und Geschmacksnerve wird nicht dadurch afficirt, das heisst, die diesen Sinneswerkzeugen eigenthümlichen Wirkungen werden nicht durch mechanische Reizung hervorgerufen.

**) Durch ein Missverständniss heisst es in Gehler's Wörterbuch B. V. der Metallreiz schützt vor der Fäulniss.

Unter den oben angeführten vier Gründen bleibt also der einzig bedeutende der, welcher von der Gleichheit der Leitungen hergenommen ist. Neuere Versuche haben mich aber auch hier auf wichtige Unterschiede zwischen *E* und *G* geleitet.

1) Knochen, alte, wohlgetrocknete, und gebleichte, sind eben so gute, zum Theil befsre Leiter der Elektricität, als die Metalle, dagegen isoliren sie das galvanische Fluidum wie Glas und Siegellack. —

Auf die Leitungskraft der Knochen hat mich zuerst der mir unbekannte Verfasser der Schrift vom Dualismus *) in der Elektricitätslehre aufmerksam gemacht. Selbst spätere Lehrbücher der Physik setzen sie unter idioelektrische und höchstens halbleitende Substanzen, und ich wundere mich, dafs jene Entdeckung in sieben Jahren nicht bekannter geworden ist. Ich habe eine Reihe von vergleichenden Versuchen über die Leitungskraft von feuchtem Holze, dichtem Kalksteine und Menschenknochen angestellt, welche folgende Resultate gaben. Eine wohlgetrocknete und gebleichte maxilla inferior, welche bereits 20 Jahr in einer osteologischen Sammlung auf-

*) Revision der vorzüglichsten Schwierigkeiten in der Lehre von der Elektricität, besonders soviel sie den Dualismus betrift 1789. S. 131. Vergleiche auch den Recensenten von Faulwetter's Grundsätzen der Elektricitätslehre 1793. in der allgem. Litteraturzeitung 1796. Nr. 134. S. 236. Körper, welche viel Phosphor enthalten, sind sehr geneigt, viel Elektricität zu verschlucken.

bewahrt war, wurde an eine Kleistische Flasche so angelegt, daſs ihre beiden flügelartigen Fortsätze an der äuſsern und innern Belegung anlagen. Bei dieser Verbindung war es mir unmöglich, die Flasche je zu laden, ja die *E* strömte so vollkommen von dem processus coronoideus des einen Flügels in den des anderen über, daſs meine Hand, wenn sie positive und negative Fläche zugleich berührte, auch nicht eine Spur von Ladung empfand. Diese Verhältnisse blieben dieselben, wenn ich den Unterkiefer auf dem Ofen auch noch so abtrocknete, daſs vor Wärme er kaum zu halten war. Feuchtes Holz schwächte anfangs den Effect, bei fortgesetztem Umdrehen der Scheibe wurde die Fläche aber dennoch vollkommen geladen. Das Einströmen in die innere Fläche war zu schnell, als daſs der unvollkommene Leiter das Gleichgewicht eben so schnell hätte herstellen können. Dichter Kalkstein und ein versteintes Ammonshorn wirkten völlig wie Siegellack und Glas. Die Flasche wurde gleich geschwind geladen, beide Fossilien mochten an derselben angebracht seyn, oder nicht. Eine Person, die auf dem Isolatorium stand, wurde wechselsweise durch Metall und Knochen mit dem geladenen Conductor verbunden. In beiden Fällen sprühte sie gleich starke Funken. Bei feuchtem Holze waren dieselben sehr schwach, und beim Kalksteine fehlten sie ganz. Ich habe mich mehrmals überzeugt, daſs Knochen sogar noch besser, als metallische Substanzen leiten; denn wenn die Scheibe einer kleinen elektrischen Maschine so schwache Wirkung thut, daſs die isolirte

Person keine Funken giebt, wenn sie mit einem Metallstab auf dem Conductor ruht, so werden dieselben sogleich sichtbar, wenn man den Metallstab gegen einen Schenkelknochen umtauscht. Auch fühle ich stechendere Schläge, wenn ich auf dem Isolatorio durch einen Knochen, als wenn ich mittels eines metallnen Leiters mit dem Conductor verbunden bin. Zwischen der Leitungskraft in den Knochen verschiedener Säugthiere, in dem Schmelz der Zähne und der schwammigten Diploë des Brustbeins, in den flachen Knochen und den Röhrenknochen habe ich bis jetzt noch keinen Unterschied auffinden können, so gewiss ich auch von seinem Daseyn überzeugt bin. Die Aeusserung des oben in der Note angeführten Recensenten und die Aehnlichkeit des Geruchs, welche berühmte Physiker zwischen der elektrischen Materie und der Phosphorsäure beobachtet haben wollen, liess mich die Frage untersuchen: ob phosphorsaure Kalkerde überhaupt leitend sey? Ich nahm einen schönen Apatitkrystall, und verband die innere und äussere Belegung einer Kleistischen Flasche mittels einer metallnen Kette, welche durch jenen Krystall unterbrochen war. Die Flasche wurde eben so schnell geladen, als wenn jene Ableitung gar nicht gewesen wäre, und auch in andern Versuchen zeigte sich der Apatit als vollkommen isolirende Substanz. Nach dieser Erfahrung erscheint jene Leitungskraft der Knochen noch auffallender. Die Substantia vitrea der Zähne ist gewiss als eine fast reine gephosphorte oder phosphorsaure Kalkerde zu

betrachten, und der thierische Gluten, welcher im andern Knochentheilen stark angehäuft ist, ja selbst bei der längsten Austrocknung übrig bleibt, sollte die Leitungskraft eher mindern, als mehren. Phosphor, Kalkerde, Kohlenstoff, Wasserstoff, Azote und etwas Sauerstoff sind die Elemente, aus welchen das Knochengerüste aufgeführt ist. Welchem derselben darf man jene Erscheinungen zuschreiben? Gewiss keinem einzelnen, sondern der organischen Aneinanderreihung aller. Relative Lage der Theile bestimmt die elektrische Leitungskraft gewiss nicht minder, als ihr chemisches Mischungsverhältniss. Es ist sehr denkbar, dass ein Fossil, welches alle Bestandtheile, nur nicht die organische Textur eines Knochens hätte, dennoch vollkommen isolirend bliebe.

Auch der Demant, welcher, wie jede Steinart, bei den galvanischen Versuchen isolirt, wird für einen Leiter der Elektricität ausgegeben. Herr Comus *) hat diese Entdeckung bekannt gemacht, welche bei der grossen Leitungskraft der Holzkohle

*) *Le diamant a une propriété très singulière et qu'on ne connait qu'à cette seule substance. Il est électrique par frottement et conduit parfaitement l'électricité. C'est Mr. Cômus qui a découvert cette propriété. Description méthodique des minéraux par le Prince de Gallitzin* 1792. *p.* 119. Idioelektricität und Leitungskraft schliessen sich im Allgemeinen nicht aus. Alle Stoffe scheinen idioelektrisch zu seyn; nur hindert bei vielen die Leitungskraft, die Beobachtung jener frei gemachten und so schnell zerstreuten Elektricität. *Herbert Theoria phaenom. electricorum* 1778. *p.* 15.

und der wahrscheinlichen Existenz des Carbons im Demant jeden Chemisten interessiren muss. Im vesten Vertrauen auf ihre Richtigkeit, elektrisirte ich eine Kleistische Flasche, in dem eine metallne Kette (durch einen orientalischen Demant von 2 Linien Länge unterbrochen) die innere und äussere Belegung verband. Ich war überzeugt, dass die Flasche, wie bei dem obigen Versuche mit Knochen ungeladen bleiben würde, und untersuchte ihren Zustand unbefangen mit zwei Fingern der rechten Hand. Ein heftiger Schlag überzeugte mich aber von der isolirenden Eigenschaft des Demanten. Auch in andern Versuchen verhielt sich derselbe völlig wie Zirkon, Bergkrystall und Siegellack, und ich zweifle sehr, dass es Abänderungen gebe, welche die vom Herrn Comus und dem Fürsten von Gallitzin angegebene Eigenschaften haben.

2) Der luftverdünnte Raum leitet die schwächsten Grade der Elektricität, nicht aber das galvanische Fluidum. — Ich sage mit Fleiss luftdünne, nicht luftleere Räume. Schon Beccaria *) hatte beobachtet, dass eine geringere Luftverdünnung mehr, als eine stärkere, die *E* in der Glaskugel zerstreue. Aber George Adams hat unwidersprechlich dargethan, dass ein vollkommenes Vacuum völlig isolirt. „*There can be little* „*doubt, of the non conducting power of a perfect vacuum,* „*and this fact is still more strongly confirmed by the phae-*„*nomenon, which appear, upon the admission of a very* „*minute particle of air into the inside of the gage. In*

*) *Eletricismo artificiale* §. 411.

„*this case the whole becomes immediately luminous upon the* „*slightest application of electricity and a charge takes place,* „*which continues to grow more, and more powerful in proportion as fresh air is admitted, till the density of the* „*conducting medium arrives at its maximum.* *) Hieher gehören auch die leuchtenden Erscheinungen im Torricellischen Vacuum des Barometers, von denen ich an einem andern Orte (in meinem zweiten Briefe an Herrn Pictet, *sur la Nature de la lumière et ses combinaisons chymiques*) umständlicher gehandelt habe. Das galvanische Fluidum wird vom luftvollen sowohl, als vom luftdünnen Raume isolirt. **)

3) Die Flamme ist der vollkommenste Leiter der Elektricität und isolirt das galvanische Fluidum. — Schon der Engländer Miles, welcher 1745 zuerst die elektrischen Feuerbüschel sah, bemerkte die Leitungsfähigkeit des Rauches und der Flamme. Bennet benutzte dieselbe, um kleine Quantitäten von Luftelektricität dadurch in sein Elektroskop zu leiten. Herr Volta findet dass sein Strohhalmelektrometer 2 bis 3 mal stärkere

*) *Essay on electricity. Third edition 1787. supplem. p. LXXV.*

**) In dieser isolirenden Eigenschaft der atmosphärischen Luft scheint die einfache Ursach zu liegen, warum ein sehr erregbares Organ, wenn sein Nerve frisch entblöst ist, oft in den ersten Minuten nach der Nervenentblössung, sich selbst überlassen, Convulsionen erleidet. Der entblöste Nerventheil ist nemlich durch die Entblössung selbst überladen, weil ihm durch die Luft weniger galvanisches Fluidum, als dem unentblösten durch das Muskelfleisch, entzogen wird.

Zeichen der *E* giebt, wenn ein brennender Schwefelfaden auf der Spitze desselben steckt, als wenn diese Spitze selbst auf die schwachgeladene Luftschicht wirkt *). Ich vermuthe, dass diess für den practischen Meteorologen so nutzbare und wichtige Phänomen auf der vereinten Leitungsfähigkeit des heissen, luftdünnen Raumes, der Dämpfe und der Kohle beruht. Doch scheint die Luftverdünnung und Wärme dabei die wesentlichste Rolle zu spielen. Denn ich habe gefunden, dass die Flamme des Phosphors eben so gut als die eines Oeltochts leitet. Alle effluvia der Flammen, welche wir kennen, bestehen aus Licht- und Wärmestoff, aus noch unzersetzten, verkohlten, mechanisch fortgerissenen Theilen des brennenden Körpers, aus Wasserdampf (welcher grossentheils aus Oxygen, und Hydrogen neu erzeugt ist) aus Kohlensäure, Oeldampf, unvollkommener Schwefelsäure, Phosphorsäure, oder andern zusammen gesetzten Thier- und Pflanzensäuren. Alle diese Substanzen sind in einer luftverdünnten und an Sauerstoff armen Atmosphäre eingehüllt, welche sich noch 3—4 Zoll über der letzten leuchtenden Schicht

*) Bennet in *Philos. Transact. Vol.* 77. *P. II. p.* 290. Leipziger Sammlung zur Physik und Naturgeschichte B. 4. S. 431. Volta in den meteorol. Briefen S. 112. Das häufige Einschlagen des Blitzes in Schornsteine rührt gewiss oft mehr von der aus ihnen aufsteigenden Rauchsäule, als von ihrer eigenen geringen Höhe her. — Was Miles schon 1745 wusste, wird von Herrn Heinrich 1789 wieder als problematisch bezweifelt. S. dessen Preisschrift über das Schiessen bei Gewittern in den Neuen Phil. Abh. der Bairischen Akademie B. V. n. 1.

leitend verhält. Wenn ich eine Glasröhre oder Siegellack auf Flanell reibe, so ist augenblicklich alle dadurch erregte *E* vernichtet, wenn ich 3—4 Zoll Höhe mit dem idioelektrischen Stoff über einer Flamme von Oeltocht, Wachslicht, brennbarer Luft, Schwefel oder Phosphor (mit diesen fünf Substanzen habe ich experimentirt) weg fahre. Eben so leitend ist der Rauch eines ausgeblasenen Lichts. Ganz anders ist es mit dem galvanischen Fluidum. Man isolire ein Wachslicht dadurch, dass man es auf Glas oder Schwefel klebt, und verbinde zwei Glieder der galvanischen Kette, da wo sie eine schmale Luftschicht trennt, durch eine Lichtflamme. Der Metallreiz bleibt eben so unwirksam, als wenn Siegellack oder Glas die Verbindung machte. Die Contraction der Muskeln oder die Geschmacksempfindung tritt erst ein, wenn die Metalle sich in der Flamme oder ausserhalb derselben unmittelbar berühren *). Man wende nicht ein, dass bei dem Brennen einer Substanz feste Stoffe in einen dampf- oder gasformigen Zustand übergehen, dass bei diesem Uebergange *E* unaufhörlich gebunden **) und abgeführt werde und dass der Metallreiz also darum unwirksam sey, weil das galvanische Fluidum, wie das elektrische, in die Flamme ein-

*) Vergl. Pfaff a. a. O S. 57.

**) Saussure *Voyage dans les Alpes Vol. 3. p.* 345. Wenn man an einem brennenden Wachslichte Kohlenstaub in das geschmolzene Wachs wirft, welches den Tocht umgiebt, so sieht man die leichten Körper unaufhörlich in gradlinigter Bewegung an den Tocht heran und von ihm zurück schwimmen. Hemmer und andere Physiker halten dies für ein elektrisches Anziehen und Abstossen. Entsteht die Erscheinung aber nicht vielmehr daher, dass

ströme, aber durch dieselbe so absorbirt werde, dass nichts davon in den andern Theil der metallischen Kette überströmen könne. Gegen diese Einwendung zeugen mannichfaltige Erfahrungen. Würde die $\pm E$ welche die Flamme empfängt, so unaufhaltsam wieder durch dieselbe zerstreut, so würde sie sich auf Bennet's und Volta's Elektroskop ganz anders verhalten. Die kleinsten Quanta von E welche kaum $\frac{1}{300}$ eines Voltaschen Grades betragen, würden dann warlich nicht in die Strohhalme oder in die Goldblättchen übergehen, sondern eben so schnell verjagt, als gesammelt werden. Ferner, wird das galvanische Fluidum durch Fuss lange Gefässe mit kochendem Wasser wirksam durchgeleitet, ohne dass die metallnen Kettenglieder darinn in unmittelbarem Contact stehen. Sollte nun eine so grosse verdampfende Fläche nicht mehr E binden, als das kleine Flämmchen brennbarer Luft, welches aus einer Barometerröhre herausbrennt? Dazu zeigen alle galvanischen Versuche, dass das Ueberströmen des problematischen Stoffes nicht gehindert wird, wenn breite und tiefe Wasserbehälter es fortleiten. Die Isolation des galvanischen Fluidums durch die Flamme

das flüssige Wachs, auf dessen Oberfläche der Kohlenstaub schwimmt, von den Haarröhrchen des Tochts, die dazu noch luftverdünnt sind, angezogen wird. Die Stäubchen fahren daher gegen den Tocht zu sichtbar bergan und fallen durch eigene Schwere gegen den Rand des Lichtes, der ebenfalls erhoben ist, zurück. Hieraus wird, ohne Annahme der Elektricität, die Entstehung einer in sich rückkehrenden geradlinigten Bewegung denkbar.

kann alſo auch nicht als Folge der Ableitung betrachtet werden.

4) Heiſses Glas leitet vollkommen die Elektricität und iſolirt bei den galvaniſchen Verſuchen. Wärmeſtoff macht alle Körper empfänglicher für die Elektricität. Warme Luft leitet leichter als kalte *), ein heiſses Metall beſſer als ein kaltes. Ich habe Erze, die kaum als Halbleiter wirkten, dadurch zu vollkommenen Leitern der Elektricität gemacht, daſs ich ſie erhitzte. Mit der Erkaltung verlohren ſie an Leitungskraft. Idioelektriſche Subſtanzen werden leitend, wenn man ſie erglüht. Herr Valli hat eben dieſs von dem galvaniſchen Fluidum behauptet. Der Verſuch muſs aber nur a priori angeſtellt ſeyn, denn weder Herrn Pfaff **), noch mir, hat es je glücken wollen, den Metallreiz wirken zu ſehen, wenn rothglühendes, auch noch ſo dünnes Glas, brennendes Siegellack, heiſser Schwefel oder geſchmolzener Bernſtein die Verbindungskette der Armaturen unterbrach.

Nach dieſen Betrachtungen gewinnt die ſo voreilig angenommene Identität zwiſchen Elektricität und galvaniſchem Fluidum eine ganz andere Geſtalt. Wir ſehen, daſs viele Stoffe beiden als gemeinſchaftliche Leiter dienen, daſs aber gerade die vollkommenſten elektriſchen Conductoren, wie Knochen, Flamme und luftverdünnte Räume, als Iſo-

*) Dieſer Satz iſt für die Lehre von der Luftelektricität bei Winterfroſt und Sonnenwärme wichtig. Vergl. Achard's Chym. phyſ. Schriften 1780. S. 265.

**) a. a. O. S. 56.

ktoren bei den galvanischen Versuchen wirken *). Gleichartig sind also beide Stoffe, *E* und *G*, gewiss nicht. Aber wie, wenn der letztere, das galvanische Fluidum, eine Modification des erstern **) wäre?

Es ist allerdings denkbar, dass die Elektricität von andern Stoffen umhüllt, auch anderen Gesetzen folge, als sie ohne diese Umhüllung folgen würde. Dringen wir aber tiefer in die Natur der Kräfte ein, so müssen wir jene Frage abermals zurück nehmen, weil wir einsehen, dass sie nicht besser gefasst ist, als die: ob das Wasserstoffgas eine Modification der atmosphärischen Luft ist? Die Elektricität ist, wie Herr Deluc längst schon mit Recht behauptet hat, kein einfacher, sondern, gleich der

*) Auch die relative Leitungskraft der verschiedenen Metalle für die *E* stimmt nicht mit ihrem Verhalten bei den Erscheinungen des Galvanismus überein, wie schon Herr Pfaff S. 216. gezeigt hat.

**) Herr de la Roche führt diese Idee in seiner Zergliederung der sensiblen Functionen sehr sinnreich aus. „Newton, sagt er, hat zuerst behauptet, dass es eine sehr „subtile und elastische Flüssigkeit giebt, die im ganzen „Weltraume verbreitet ist, mit grosser Leichtigkeit alle „Körper durchdringt und geschickt ist, sich mit den Elementen zu verbinden, sie zu modificiren und von ihnen „modificirt zu werden. Diese Flüssigkeit mit dem Glase „verbunden und in Bewegung gesetzt, bringt die elektrische Erscheinung hervor; mit dem Eisen verknüpft, „giebt sie die Erscheinungen des Magnets und durch die „Modification, welche sie durch ihre Verbindung mit der „markigen Substanz des Gehirns erleidet, wird sie das „wesentlich wirkende Mittel aller Thätigkeiten in der „thierischen Oekonomie" Reil's Archiv der Physiologie B. 1. St. 1. S. 182.

atmosphärischen Luft, eine zusammengesetzte Flüssigkeit. Einige ihrer Bestandtheile sind erwiesen, andere lassen sich vermuthen. Nach Gren (das heifst nach dem System, welches dieser Chemist im Jahr 1793 aufstellte) sind Brennstoff und Säure; nach Lichtenberg Wärmestoff, Sauerstoff und Wasserstoff; nach Lampadius *) Wärmestoff, Phlogiston, Licht und eine phosphorartige Grundlage in dem elektrischen Fluidum enthalten. Ich glaube, dafs es viel zu früh ist, die Elemente desselben anzugeben, da wenige elektrische Versuche von der Einfachheit sind, dafs sie zu bestimmten Resultaten führen können.

Die Elektricität scheint als eine schwache Säure zu wirken. Ich liefs heftige Schläge der Kleistischen Flasche durch die Blumenkrone der Vergifsmeinnicht (Myosotis scorpioides) gehen und sah die himmelblauen Blumenblätter sich plötzlich ziegelroth **) färben. Der Versuch gelang oft nur an zwei petalis einer Corolle; die andern blieben ungeändert. Priftley sah Lakmustinctur bei durchströmender Elektricität sich plötzlich röthen. Hieraus folgt aber so wenig, als aus dem Geruch oder Geschmack, dafs in der Elektricität etwas Säureähn-

*) Gren's Grundrifs der Naturlehre 1793. §. 1046. Lichtenberg in Erxleben's Anfangsgründen der Naturlehre, 6te Auflage, Vorrede S. XXXI. Lampadius Versuch über die Elektricität der Atmosphäre, Cap. 2.

**) Ist dieser Versuch neu oder sind nicht ähnliche in einer alten Schrift von Krüger (deren Herr Gehler im Wörterb. I. S. 750. erwähnt, und welche ich mir noch nicht habe verschaffen können) enthalten?

liches enthalten ſey. Haben Priſtley und ich nicht in der atmosphäriſchen Luft experimentirt, alſo unter ſehr zuſammengeſetzten Bedingungen? Muſs nicht, bei jedem elektriſchen Schlage, ſich Azote mit Oxygen verbinden und eine Salpeterſäure niederſchlagen, die jene Erſcheinungen hervorbringen kann? Priſtley's und meine Verſuche ſollten in reinem brennbaren Gas wiederholt werden. Der letztere wäre aber auch dann noch vieldeutig. Die Farbenänderung geht in einem belebten Organ vor. So wie die erſte blaue Färbung des Blumenblatts das Reſultat eines organiſch chemiſchen Proceſſes, das Reſultat einer beſonderen Abſonderung und Enthüllung iſt, ſo kann auch die plötzliche Farbenveränderung Folge der vegetabiliſchen Lebenskraft ſelbſt ſeyn. In den Pflanzenſäften iſt unleugbar Kohlen-Waſſer- und Sauerſtoff enthalten. Wie alſo, wenn der elektriſche Schlag die Röthung des Blattes bloſs dadurch veranlaſste, daſs er als Reizmittel auf die erregbaren Organe wirkte, die vita propria derſelben umänderte und ſie veranlaſste, die ihnen eigenthümlichen Stoffe anders zu miſchen? Dann wären die Materialien zur Säurebildung (acidification) in den Gefaſsen ſelbſt gegenwärtig, und weder das elektriſche Fluidum, noch die umgebende Atmosphäre brauchte ſie zu enthalten. Eben ſo lieſse ſich auch der ſaure Geſchmack beim Einſtrömen der Elektricität in die Zunge erklären. Stickſtoff und Sauerſtoff ſind in den thieriſchen Organen unaufhörlich enthalten. Die einſtrömende Elektricität kann ihre plötzliche chemiſche Verbindung zu einer ſchwa-

chen Salpeterſäure veranlaſſen, und die Empfindung der Säure kann eine Folge jener Verbindung ſeyn. Bei dem Phosphorgeruch, welchen die Elektricität verbreitet, iſt ebenfalls zu bemerken, daſs wir ihn bisher nur in dem atmosphäriſchen Luftgemenge beobachtet haben, und daſs wir weder die verſchiedenen chemiſchen Verbindungen von Azote und Oxygen, noch die verſchiedenen Gerüche kennen, welche ſie bei verſchiedenen Graden der Sättigung verbreiten. Die Annahme einer Säure in der Elektricität iſt alſo gar nicht auf reinen Erfahrungen gegründet.

Das elektriſche Fluidum iſt bei ſeinem Durchgange durch jede irreſpirable, d.h. Sauerſtoffleere Gasart leuchtend. Es enthält demnach gebundenen Lichtſtoff. Ob es denſelben aus der Lebensluft aufnimmt und ſich zueignet, bleibt unentſchieden, bis man mit iſolirten (etwa durch ein Uhrwerk bewegten) Elektriſirmaſchienen in Sauerſtoffleeren Gasarten experimentiren wird. Was läſst ſich überhaupt über den Lichtſtoff beſtimmen, deſſen Exiſtenz als eigene materielle Baſis noch ſo problematiſch iſt! Das Nichtleuchten der völlig luftleeren Barometer ſcheint indeſs für die Mitwirkung der Lebensluft bei Zuſammenſetzung des elektriſchen Stoffes zu zeugen! Achard ſah geſchmolzenen Schwefel durch elektriſche Schläge alkaliſch werden. Wenn man bedenkt, daſs ſelbſt die fixen Alkalien zuſammengeſetzt ſind, ſo wird dieſer Verſuch erklärbar ohne $+E$ für eine Säure und $-E$ für ein Alkali zu halten. Aus

einer feuchten *) atmosphärischen Luft kann durch das Spiel zusammengesetzter Affinitäten Stickstoff und Wasserstoff abgeschieden und zu einem Laugensalze verbunden werden.

Elektrische Schläge machen etwas Wärmestoff frei, weil sie durch Zersetzung der Atmosphäre einige Gasarten dem tropfbar flüssigen Zustande näher bringen. **) Das Steigen der Thermometer in dem elektrischen Strome, (welches zuerst Adams bemerkte,) rührt aber aus einer andern Ursach, aus dem in dem *E* selbst enthaltenen Wärmestoff her, da die Thermometer in der verdünnten Luft weit höher als in der verdickten, in jener in 16 Minuten von 45° F. bis 154½° F. in dieser von 60° F. bis 102° F. steigen. Das Strömen der Elektricität durch Alkohol, Schwefeläther, Terpenthinöl, Krausemünzöl und Kampfer geleitet, erzeugt Wasserstoffgas, durch reines und kohlensaures Ammoniac, Wasserstoff- und Stickgas. Der grosse Harlemer Experimentator, dem sowohl Physik als Physiologie belebter Stoffe die wichtigsten Entdeckungen verdankt, hat über diese Gegenstände die überzeugendsten Versuche angestellt. ***)

*) Wenn *E* durch Wasser schlägt, wird sehr oft Wasserstoff nur allein entbunden. Das Oxygen tritt an irgend eine feste acidifiable Base, die es in der Nähe findet. Van Marum *Première continuation des expériences électr.* p. 198. Gren's N. Journal B. 3. H. 1. S. 14. in der Note.

**) *Van Marum Continuation des expériences electriques,* 1787. *p.* 180.

***) Gren's N. Journal a. a. O. S. 1 — 17.

Je vollkommener ein Körper die Elektricität leitet, desto mehr Wärmestoff wird aus demselben frei. Degenklingen schmilzt der Blitz in luftdichten Scheiden. Dagegen bemerke ich bei der Butter einen sehr unvollkommenen Halbleiter, fast gar keine Erweichung, wenn ich Schläge der Kleistischen Flasche durchführe. Das Zünden durch Elektricität beruht blofs auf einer plotzlichen Erhöhung der Temperatur, in der die säurungsfähige Grundlage eine stärkere Ziehkraft zum Sauerstoff ausüben kann. Der durch schwache Elektricität beförderte Umlauf der Säfte in organischen Substanzen, die vermehrte Lebensthätigkeit derselben, so wie die gänzliche Erschopfung der Fiber durch heftige Entladungen, wird ebenfalls durch die Wirkungen des Wärmestoffs erklarbar. Während dafs neue elektrische Materie sich erzeugt, wird Wärmestoff gebunden und Kälte erzeugt. Deshalb wird die Luftelektricität bei kalter Witterung meist stärker, als bei warmer, befunden. Kühlung nach dem Gewitter kann entstehen, weil nach der grofsen Zerlegung der elektrischen Materie neue Materie gebildet wird.

Reine Lebensluft und reines Stickgas werden durch *E* nicht verändert. Das Verkalken des Amalgams am Kissen wird mit Unrecht, als ein Beweis für das Daseyn des Sauerstoffs oder eine Säure im Oxygen angeführt. Alle unsere Kissen sind mit der sauerstoffhaltigen atmosphärischen Luft in Berührung, und das blofse Reiben kann, wie das Schütteln der Quecksilberkalke lehrt, (auch ohne auf den Wärmestoff in der *E* Rücksicht zu nehmen,) die Verbindung

des

des Metalls mit dem Oxygen der Atmosphäre befördern. Wichtiger sind die Versuche des Duc de Chaulnes und des Herrn Charles über das Verkalken der Metalle in irrespirablen, sauerstoffleeren Gasarten. Der Umstand, dass bei dem Verkalken in atmosphärischer Luft eine jedesmalige Absorption *) der Lebensluft bemerkt wird, spricht allerdings gegen die Wahrscheinlichkeit, dass die *E* selbst das Oxygen zur Oxydation hergeben solle. Aber Herr Charles hat nicht so genaue Rücksicht auf die Menge der Lebensluft genommen, welche bei seinen Versuchen noch in den irrespirablen Gasarten verborgen bleiben konnte, dass diese Materie schlechterdings einer neuen Prüfung unterworfen werden muss. Ich hoffe dieselbe bei mehrerer Musse selbst zu unternehmen, und die Gasarten, wie ich es bei meiner Arbeit über das Leuchten des faulen Holzes gethan, durch Phosphor zu reinigen. — Wasserstoff scheint in der *E* nicht enthalten zu seyn, wenigstens erzeugt sich Wasser erst in einem Gemisch von Sauer- und Wasserstoffgas.

In den vorstehenden Sätzen ist alles zusammengedrängt, was wir uns bis hieher von den chemischen Eigenschaften und Bestandtheilen des elektrischen Fluidums zu wissen rühmen. Wir sehen daraus, dass man sehr unlogisch manches in demselben enthalten glaubt, was den umgebenden Medien zugehört, und nur mittels der *E* aus diesen ausge-

*) Bei edeln, so wie bei unedeln Metallen, wie Herr Schmidt in Giessen erwiesen hat. Gren's N. Journ. B. 1. H. 4. S. 372.

schieden wird. Wir sehen, dass man diese als zu der Classe gasförmiger Stoffe gehörig betrachten könne, und dass sie unter diesen die grösste Masse gebundenen Wärmestoffs enthält. Es ist möglich, aber nicht nothwendig, dass sie ausser dem Licht- und Wärmestoff auch noch andere vielleicht ganz unbekannte Materien (x und y) enthalte; es ist möglich und selbst wahrscheinlich, dass die positive E eine andere qualitative oder quantitative Mischung, als die negative, habe. Es ist aber auch denkbar, dass es so wenig einen elektrischen, als einen Wärme- und Lichtstoff gebe, und dass die bekannten ponderablen Basen unter gewissen Umständen die Erscheinungen erzeugen, welche sich unsern Sinnen, als Elektricität, Licht oder Wärme darstellen. *) Ueber diess alles ist schwer zu entscheiden, da wir die E nur immer im Augenblick ihrer Zersetzung oder Decomposition wahrnehmen, und sie weder abgesondert darstellen noch mit der Wage verfolgen können.

Die Frage, ob das galvanische Fluidum eine Modification des elektrischen sey, hat demnach nicht mehr Sinn, als die: ob ein unbekanntes Gemenge von Luftarten eine Modification eines anderen unbekannten Gemenges sey? Beiden kann Wär-

*) Dies schrieb ich nieder, ehe mir Herrn Scheerer's Nachträge zu den Grundzügen der neuen chemischen Theorie 1796 in die Hände fiel, ein Werk, welches sich eben so sehr durch den philosophischen Gang der Untersuchung, als durch musterhafte Gründlichkeit auszeichnet, und in welchem unsere Vorstellungsarten vom Licht- und Wärmestoff scharfsinnig berichtiget sind.

me- oder Lichtstoff gemein seyn, jedem kann eine eigene, von allen anderen Elementen verschiedene Basis zukommen; ja, es ist sehr denkbar, dass das galvanische Fluidum nicht, wie die Elektricität zusammengesetzt, sondern einfach sey. Dem Wärmestoff ist dieses ohnedies eben so nahe, wo nicht näher, als der Elektricität verwandt. Man berufe sich auf die Versuche mit den sogenannten elektrischen Fischen, deren wir jetzt fünf kennen: Silurus electricus, Raja Torpedo, Gymnotus electricus, Tetrodon? Patersonii und Trichiurus indicus. Es ist noch gar nicht erwiesen, dass hier Elektricität im Spiel sey. Man untersuche die Facta, die Spallanzani, Walsh und Ingenhouss geliefert haben, und man wird finden, dass die Materie, durch welche jene Fische wirken, in eben das Dunkel gehüllt ist, über welches wir bei den galvanischen Versuchen klagen. Herr Kuhn hat bei diesen, wenigstens einigemal, ein Elektroskop afficirt gesehen. Bei den Zitterfischen war eine solche Erscheinung nie zu beobachten. Anziehen oder Abstossen von Fäden, Mittheilung an isolirte Menschen oder Kleistische Flaschen ist nie bemerkt worden. *) Alle Naturforscher leugnen auch die Existenz eines überströmenden Funkens; nur Walsh und Bayon **) haben denselben am Gymnotus

*) *Memorie di matematica e fisica della Società italiana, T. II. p.* 603.

**) Ingenhouss vermischte Schriften, Th. I. S. 31. *Rozier Journal de Physique*, 1776. *Oct.* — Wenn mehrere Menschen eine Kette bilden, deren äussere Glieder Kopf und Schwanz des Zitterfisches berühren, so ent-

electricus bemerkt. Wenn man aber bedenkt, dafs die heftigften Entladungen jener Thiere ohne alle Lichtentbindung vor fich gehen, fo wird man geneigt zu glauben, dafs diefelbe keine wefentliche Bedingung fey, und dafs fie in den von Walfh und Bayon bemerkten Fällen nur Nebenwirkungen der angeftrengten Organe zuzufchreiben find. Vielleicht habe ich bei einem künftigen Aufenthalte in füdlichen Ländern Gelegenheit zu unterfuchen, ob thierifche Knochen den aus der Raja Torpedo ausftrömenden Stoff wie den galvanifchen ifoliren oder wie den elektrifchen fortleiten? Alles was durch Metalle geleitet und durch Glas ifolirt wird, darf nicht geradezu für elektrifches Fluidum ausgegeben werden.

Auch auf die Analogie der Nervenkraft mit dem Magnetismus, welche fchon Herr Wrisberg im Jahr 1766. öffentlich vertheidigte,*) und für die (laut anderen) auch der Eifengehalt des thierifchen Körpers zu fprechen fcheint, ift man in neueren Zeiten zurückgekommen. Allerdings fprechen neuere Erfahrungen für die Wirkungen der magnetifchen

ftehen ganz unwillkührliche Entladungen, wie Herr Gehler erwiefen hat. S. Wörterbuch, B. 4. S. 878. Diefe Erfcheinung ift einer galvanifchen ganz analog, und die Erfchütterung, welche die leitende Kette empfindet, mufs uns nicht irre machen, da auch das galvanifche Fluidum bei feinem Durchgange die Sinnesnerven afficirt. Sollten die Schläge, welche der Fifch bei der blofsen Berührung mit Einer Hand giebt, nicht auch unwillkührlich, und meinen Verfuchen ohne Kette Fig. 9. analog feyn?

*) Haller's Grundrifs der Phys. S. 287. Note 106. Sömmering's Hirnlehre, §. 202. Note 9.

Kraft auf die belebte und erregbare Faser. Ich beziehe mich nicht auf Mesmer's Charlatanerien *) oder auf die fabelhaften, leider! von achtungswerthen Schriftstellern nachgeschriebenen Erzählungen des D. Schilling, **) sondern auf die Thatsachen, welche ein berühmter Genfer Arzt ***) bekannt gemacht hat. Was aber in den galvanischen Versuchen circulirt, kann schlechterdings nicht

*) *Rapport des Commissaires chargés de l'examen du magnetisme animal* 1784. Wenn aber auch Mesmer's und Anderer Manipulationen feiner Betrug sind, so folgt daraus noch gar nicht, dass alles Manipuliren physisch unwirksam sey, vielmehr müssen Herrn Pezold's Dresdner Versuche bei Naturforschern, die nicht gewohnt sind, facta von sich zu stossen, um Hypothesen aufzunehmen, die grösste Aufmerksamkeit erregen. Es wäre zu wünschen, dass ein Magnetiseur, während der Action, pulsirende Herzen oder frisch präparirte Nerven eines Thieres zu berühren versuchte. Der Naturphilosoph muss alle Erscheinungen in Verbindung setzen; durch diese Verbindung allein schon tritt er den Ursachen näher.

**) Magnete sollen dem *Gymnotus electric.* seine erschütternde Kraft rauben, Eisenfeilspäne sollen sie ihm wieder geben u. s. w. *Nouv. Mém. de l'Académie de Berlin* 1770. *p.* 68. *Ingenhouss, Spallanzani, Walsh und Beerenbrock* haben diese Fabel längst widerlegt. (Ingenhouss Verm. Schr. Th. I. S. 413. *Spallanzani Lettera al Marchese Luchesini in den Opuscoli scelti di Milano* 1783. *p.* 85.) Dennoch heisst es in Gmelin's neuer Ausgabe des *Syst. Natur. T. I. P.* 3. *p.* 1138 noch: *Gymnot. electricus vi electrica dotatus magnetis ope turbanda et tollenda!*

***) *De la Roche* in der *Analyse des fonctions du systême nerveux Tom. II.* 1778. übersetzt von Merzdorf 1794. Auch Herr Hufeland sah den Magnet beim Magenkrampf und Zahnweh wirksam.

magnetisches Fluidum selbst seyn, da dieses weder durch Luftschichten noch durch Glasscheiben isolirt werden würde. Auch hat der grosse Physiologe Herr Kielmeyer diese Identität nie behauptet, wie ihm in Gehlers Wörterbuch (B. 5. S. 293.) Schuld gegeben wird. Es ist eine Polarität denkbar, die von der magnetischen unendlich verschieden ist. Beim Veitstanze werden die angeschwollenen Muskeln erschlafft, wenn man sie mit einer Eisenstange berührt. Andere Metalle, ausser dem Eisen, fand Herr Scheerer (zu Wien) so unwirksam, als Glas und Siegellack. Diese Entdeckung ist sehr wichtig. Dürfen wir aber unmittelbar daraus schliessen, dass es magnetische Kraft selbst ist, welche den Muskel bewegt?

Vielleicht aber sind galvanisches, elektrisches und magnetisches Fluidum verwandt und verschieden, wie thierisches Blut, Milch und Pflanzensaft. Die formende und mischende Natur setzt aus wenigen Urstoffen Materien zusammen, welche die wunderbarste Mannichfaltigkeit von den Erscheinungen darbieten. Jahrtausende mussten vergehen, ehe die Menschen den grossen Assimiliationsprocess, die Umwandlung vegetabilischer Materie in thierische, mit der Klarheit und Gründlichkeit einsehen lernten, als sie uns Herr Fourcroy in seiner Philosophie chymique geschildert hat. Vielleicht wird eine Zeit kommen, in der wir mit eben der Klarheit erkennen werden, durch welche Nahrungsmittel die Anhäufung des galvanischen Fluidums in der Nerven- und Muskelsubstanz vermehrt oder vermindert

wird. Vielleicht endlich ſind die Urſachen der galvaniſchen, elektriſchen und magnetiſchen Erſcheinungen nicht in eigenen Stoffen, ſondern in beſtimmten Verhältniſſen der ponderablen Beſtandtheile des Thierkörpers gegründet, in Verhältniſſen aber, die analoge Bedingungen vorausſetzen, und durch Verſchiedenheit der Nutrition modificirt werden?

So unbekannt wir indeſs bis jetzt auch über die Natur der Urſache ſind, welche fibröſe Erſchütterungen veranlaſst, ſo iſt die Klage dennoch ſehr ungerecht, daſs wir ſeit des Koiſchen Meiſters Zeiten in dieſer Materie um nichts vorgerückt ſind. Dieſe Klage iſt denen verzeihlich, welche das Neuere verachten, um ſich dadurch das Anſehen zu geben, als wenn ſie das Aeltere kennten. Wer den Fortſchritten der Phyſiologie belebter Thier- und Pflanzenſtoffe gefolgt iſt, den darf ich laut auffordern, das, was der groſse Haller über die ſogenannten Lebensgeiſter geſammelt hat, *) mit dem zu vergleichen, was wir am Schluſſe dieſes Jahrhunderts davon wiſſen. Wer konnte vormals nur die Möglichkeit faſſen, daſs die unmittelbare Berührung eines Muskels mit ſeinem inferirten Nerven eine Muskular-Contraction erregen, oder daſs man aus den Organen viele hundert und tauſend Fuſs weit die thieriſche Flüſſigkeit ableiten **) kann, von welcher die fibröſe

*) Groſse Phyſiologie, B. 4. S. 563—618.

**) Phyſiker, welche die Circulation eines eignen elektriſchen, magnetiſchen oder galvaniſchen Stoffs bezweifeln, werden dieſe Stelle alſo überſetzen: wer konnte vormals die Möglichkeit faſſen, wie ein entblöſster Nerv viele hundert Fuſs weit von ſich Veränderungen hervor-

Bewegung abhängt? Wer konnte vormals die Aehnlichkeit oder Verschiedenheit zwischen dem elektrischen und sogenannten Nervenfluidum mit dem Detail untersuchen, als es in diesen Blättern geschehen ist? Doch wir verweilen nicht selbstgefällig bei dem, was in diesem Jahrzehend geleistet ist, und wenden nützlicher unsern Blick auf die reiche Erndte, die noch vor uns liegt, und die wir auf dem Weg des Experimentirens und der Beobachtung grossen Theils erringen werden.

Ich habe bereits oben bei der Entwicklung meiner dynamischen Theorie über die Erscheinungen des Galvanismus bemerkt, dass dieselbe nicht nur die Coexistenz mitwirkender chemischer Ursachen nicht ausschliesset, sondern, dass ich es vielmehr für sehr wahrscheinlich halte, dass die eigenthümliche elektrische Ladung der Metalle ihre Temperatur, ihr Einfluss auf Verdampfung und Zersetzung tropfbarer und luftförmiger Flüssigkeiten die Hindernisse modificirt, welche den Durchbruch jener wirksamen thierischen Materie verstärken. Hier ist der Ort, wo ich diese Behauptung näher entwickeln, das heisst, sie an andere, zum Theil wenig beachtete Erscheinungen anreihen muss. — Die Wirkung einer Dampfbelegung auf einer Fläche des Leiters lässt sich allerdings, wie S. 397. gezeigt ist, auf die Be-

bringen kann, wie in dem Experimente, wo die Zungenwarzen afficirt werden, wenn sie irgendwo einen Eisendrath berühren, der die Kette zwischen einem Nerven und Muskel bildet.

griffe von Widerstand und Gegendruck reduciren. Diese Reduction gewinnt dadurch an Wahrscheinlichkeit, weil sie die Möglichkeit zeigt, wie die Ketten Nerv. *P. H. p. P.* und Nerv. *P. H. p. H. P.* bei erhöhter Reizempfänglichkeit beide positiv seyn können. Sollte aber die Feuchtigkeit hiebei nicht noch eine andere Rolle spielen, als die der schnellern Zuleitung?

Schon Volta uud Cavallo hatten entdeckt, dass Wasserdampf, welcher aus besprützten glühenden Kohlen aufsteigt, positiv ist. Daraus war übereilt geschlossen worden, dass bei allen Verdampfungen der Zustand der Körper, auf welchen dieselben vorgingen, negativ sey. *) Der grosse Genfer Naturforscher hat durch eine Reihe hinreichender und feiner Versuche diesen Irrthum widerlegt. Herr von Saussure fand, dass die positive und negative Ladung des Dampfes durch die Natur der Fläche, welche die Verdampfung erregt, modificirt werde. **) Eisen und Kupfer, in Berührung mit Wasser, Alkohol oder Aether, zeigten

*) *Rozier Journ. de Phys.* 1783. *Août.*

**) *Saussure Voyage dans les Alpes, Vol.* 3. *p.* 315 — 345. Auf die Verdampfung selbst hat die Verschiedenheit der Metalle einen Einfluss, dessen Gesetze noch gar nicht gehörig erörtert sind. Auf Eisen und Kupfer zu gleichen Temperaturen erhitzt, verdampfen in gleichen Zeiten nicht gleiche Wassermassen. Hierauf gründet sich die Charlatanerie der Bader, welche die Güte der Rasirmesser nach der Schnelligkeit beurtheilen, mit der der ausgehauchte Wasserdampf auf der Klinge verdampfet. Die verschiedene Kohlung des Eisens bestimmt diese Schnelligkeit.

meist + *E*, Silber und gebrannter Thon meist — *E*. Wenn das erhitzte Silber einmal + *E* gab, so schien es, als käme diese *E* von einer fremdartigen Beimischung her; denn als der silberne Tiegel mit Salzgeist ausgesiedet ward, blieb die *E* immer negativ. Diese Entdeckung ist in der That überaus wichtig, und als sie Saussure bekannt machte, ahndete er gewiss nicht, dass sie je einmal mit der Irritabilität der Muskelfaser in Beziehung gesetzt werden könnte. Als ich den Versuch über den unmittelbaren Contact organisch verbundener Theile noch nicht angestellt hatte, und die Erscheinung des Galvanismus einer äusseren Ursache zuzuschreiben geneigt war, glaubte ich in jener Saussureschen Entdeckung den Hauptschlüssel des gesuchten Problems gefunden zu haben. Wenn zweierlei Metalle, dachte ich, Kupfer und Silber, z.B. an den feuchten Organen anliegen, so wird die thierische Feuchtigkeit an den Metallen verdampfen, und verschiedenartige Elektricitäten erwecken. Freilich hat Herr von Saussure dieselben nur bei 80° R. und nie bei minderen Temperaturen bemerkt, aber wie schwach und unvollkommen sind unsere todten Elektroskope gegen die leise Erregbarkeit eines thierischen Organs. Was eine heftige Verdampfung im Grossen hervorbringt, muss auch die schwächste im Kleinen bewirken. Jede Armatur erweckt also eine eigne *E*, und die Verbindung derselben, der positiven und negativen veranlasst eine Explosion, welche als äusserer Stimulus auf die Organe wirkt. Die verschiedene Excitationsfähigkeit der Leiter kann, schloss ich

weiter, darauf beruhen, dafs die Metalle eine mehr oder minder ftarke Ladung durch die Verdampfung empfangen. Nach den Genfer Verfuchen fchienen die edeln Metalle, Thon und andere Stoffe, welche das Waffer verdampfen, ohne es zu zerfetzen, eine negative; diejenigen Metalle, welche bei der Verdampfung Wafferftoffgas erzeugen, eine pofitive Elektricität hervorzubringen. Die erfteren treten in einen negativen Zuftand, weil fie ihr eigenes + *E* zur Bildung des Dampfes hergeben; den andern wird dies + *E* durch das, bei der Wafferzerlegung entbundene elektrifche Fluidum reichlich erfetzt. *) Diefe Betrachtungen fchienen mir zu erklären, warum fich Zink und Silber, Blei und Gold fo wirkfam bei dem Metallreiz äufsern. Gold und Silber geben als verdampfende Flächen — *E*. Mit Zink und Blei find noch keine Verfuche angeftellt; aber aus der Leichtigkeit, mit welcher beide das Waffer zerlegen, ift zu vermuthen, dafs fie (wie Eifen und Kupfer) + *E* geben. Homogene Metalle können bei gröfserer Erregbarkeit der Organe Contractionen erregen. Denn es fcheint unmöglich, beide Schenkel des Leiters zugleich anzulegen. Entfteht nun in dem früher angelegten, während der Verdampfung + *E*, fo wird dadurch im andern Schenkel (vermöge der bekannten Gefetze) der entgegengefetzte Pol, — *E* erwecket. Tritt nun diefer negativ geladene auch in Contact, und erzeugt die Verdampfung in ihm + *E*, fo wird eine fchwache Explofion zwifchen + *E* und — *E* erfolgen. Ift das Organ für

*) a. a. O. S. 338.

diese aber nicht empfänglich, so muss auch alle fibröse Erschütterung ausbleiben, denn in den Ketten Nerv. P. P. oder Nerv. P. p. P. liegen blofs homogene Metalle an den verdampfungsfähigen Organen, und zwischen gleichnahmigen Elektricitäten ist keine Entladung denkbar. Wird das heterogene Zwischenmittel p, aber auf einer Fläche behaucht, so wird auf diesem — E (oder + E) erzeugt, wenn P, und P. + E (oder — E) haben. Der Hauchversuch Nerv. P. H. p. P. muss also, nach dieser Dampftheorie, allerdings die fibröse Erschütterung verkündigen, welche die Erfahrung bestätigt. Wenn es gegründet ist, dafs die Erdstöfse bei vulkanischen Explosionen von einem Wassersturz in den glühenden Crater und einer ungeheuern Masse dadurch entbundener Elektricität herrühren, so schien es auffallend, dafs einerlei Kraft den Erdkörper, und die zarte Muskelfaser der Naide erschüttert!

Diese Ideen, welche die Lesung der Saussureschen Alpenreise in mir erweckte, und welche während meines Aufenthalts in Bex und St. Pierre (am Fusse des Bernhards) mich aufs angenehmste beschäftigten, eilte ich meinen Genfer Freunden mitzutheilen. Sie freuten sich mit mir über die glänzende Aussicht, welche zur Lösung des galvanischen Problems geöfnet schien, und zu welcher so einfache Thatsachen gleichsam von selbst hinführten. Herr von Saussure warnte mich indess (und warum sollte ich der edeln Selbstverläugnung und Wahrheitsliebe des grofsen Mannes nicht erwähnen?)

feinen eignen Verfuchen nicht zu unbedingt zu trauen; er rieth mir, felbft zu experimentiren und alle Facta aufs neue zu vergleichen.

Diefe neue Revifion überführte mich von meinem Irrthume noch ehe ich zu dem Experimentiren felbft fchreiten konnte. Wenn Waffer auf Kohle verdampft, fo entfteht, trotz der Wafferzerfetzung (welche gewifs heftiger als beim Zink ift) nicht pofitive, fondern ftets negative Elektricität. Und gerade diefe Kohle giebt mit dem auch negativen Silber heftigere Contractionen als mit dem Eifen. Ferner glücken die galvanifchen Verfuche vollkommen unter Waffer und Oel.. Wo ift hier, wo alle Organe und Metalle verfenkt find, der Begriff von Verdampfung auch nur denkbar. Auf eine Theorie alfo, die allein oder hauptfächlich auf den elektrifchen Zuftand der Leiter in Berührung mit evaporabeln Subftanzen beruht, mufs man Verzicht thun.

Wenn aber auch die galvanifchen Erfcheinungen in vielen Fällen eintreten, in denen keine Verdampfung wirkfam ift, fo kann diefelbe doch in vielen anderen Fällen eine wichtige Nebenrolle fpielen. Es ift fehr denkbar, dafs nicht blofs der oben erwiefene perpetuirliche Ladungszuftand trockner Metalle die Hinderniffe modificirt, welche fich dem galvanifchen Fluidum bei feinem Durchgange entgegen ftellen, fondern dafs auch diefe Hinderniffe durch die Verdampfungen an den feuchten Metallen vermehrt oder vermindert werden. Es ift denkbar, dafs der Durchbruch in der Kette

Nerv. *P. H. p. P.* nicht blos darum später (und alſo heftiger) als in Nerv. *P. p. P.* geschieht, weil in jener die Ziehkraft des mittleren Theils der Leitung *p* (gegen *P* und *P*) durch *H* gemindert wird, und der eine Strom alſo langſamer dem andern zu Hülfe kommt, ſondern auch, weil durch die feuchte Belegung des heterogenen Metalls, *p*, eine Elektricität erregt wird, welche der *E* der ſchon durchdrungenen Armaturen mit *P* und *P*. entgegen geſetzt iſt.

Aber auch ohne Verdampfung kann die chemiſche Zerſetzung thieriſcher Lymphe durch die Leiter einen weſentlichen Einfluſs auf den Durchbruch des galvaniſchen Fluidums haben. Auffallend iſt es allerdings, daſs gerade die Stoffe, welche eine ſo genaue Affinität zum Sauerſtoff äuſsern und daher alle Sauerſtoffhaltige tropfbare Flüſſigkeiten ſo leicht zerſetzen, wie metalliſche und kohlenſtoffhaltige Subſtanzen, eine wichtige Rolle unter den Excitatoren ſpielen. Einige Phyſiker haben hierinnen die Auflöſung des ganzen galvaniſchen Syſtems zu finden geglaubt. Herr Fabbroni zu Florenz ſchreibt in einem Brief an Herrn von Crell *): „Ich habe mich überzeugt, „daſs die Erſcheinungen des Galvanismus von einer „bloſs chemiſchen Kraft herrühren, welche die trock„nen und kalten (?) Metalle wechſelſeitig ausüben, „um den Feuchtigkeitsſtoff und die thieriſche Lymphe „wechſelſeitig zu zerſetzen." Herr Creve hat ähnliche Ideen in dem 14ten Stück des Journals der Erfindungen und Widerſprüche in der Arzneiwiſſen-

*) Chemiſche Annalen 1795. St. 12. S. 503.

schaft *) angekündigt. Er glaubt die wahre Natur des Metallreizes entdeckt zu haben und behauptet: „dass vermittelst zweier mit einander verbundenen „Metalle, oder eines Metalls und der Kohle, das ent- „weder den Nerven oder den Muskel umgebende „Wasser in einer gewissen Menge zersetzt werde, in- „dem der das Wasser zum Theil bildende Sauerstoff „wegen der nahen Verwandschaft zu den Metallen „und dem Kohlenstoff, sich vom Wasserstoff losreisst. „Diese Zersetzung geschieht zwar an dem unmittel- „bar die Metalle berührenden Theile des Wassers, „wirkt aber in einem entfernten Kreise." Herr Creve hat „eine ähnliche Erscheinung oft bei seinem Früh- „stück wahrgenommen. Warf er ein Stück Zucker „in sein einfaches Theewasser, überliess er dasselbe „eine Zeitlang seiner Auflösung und berührte er dann „die Oberfläche des Theewassers mit der Zungen- „spitze so empfand er keinen süssen Geschmack, je „näher er aber mit der Zungenspitze dem Zucker kam, „desto lebhafter empfand er stuffenweise den süssen „Zuckergeschmack!" Er versichert uns, dass die Chemie, Physiologie und praktische Heil- kunde die wichtigsten Aufschlüsse von dieser Ent- deckung der Natur des Metallreizes zu er- warten habe. Selbst auf die angewandte Mathematik soll sich ihr wohlthätiger Einfluss erstrecken. „Was „(sagt Herr Creve,) wird nicht die Hydraulik ge- „winnen, wenn wir den Einfluss metallener Röhren „auf das Wasser in einige Erwägung bringen?" Laut

*) S. 130. Vergl. Medic. chirur. Zeitung, Salzb. 1795. B. 1.

dem 18ten Stücke der medicinisch-chirurgischen Zeitung *) glaubt er nun nicht mehr, dass das Hydrogen für sich die belebten Nervenfasern afficire; er zweifelt nicht mehr daran, dass bei dem Galvanisiren das elektrische Fluidum in Umtrieb gesetzt werde; sondern er behauptet vielmehr: „dass bei der Anlegung „der Metalle an die thierischen Theile zuförderst ein „chemischer Procefs Statt habe, bei welchem die „zwei Metalle das Wasser in seine nächsten Bestand„theile zerlegen, zu gleicher Zeit eine Quantität „Wärmestoff noch hinzuleiten, der sich mit dem, „während der Zerlegung des Wassers frei geworde„nen vereint. Der Sauerstoff verbindet sich sodann „mit dem Metall und der Wasserstoff mit dem Wär„mestoff; es entsteht aus der Verbindung der letzteren „ein elektrisches Wesen, welches als Product „des Processes eigentlich die nächste Ursach des Me„tallreizes ist. Gardini hat bewiesen, dass das „elektrische Feuer aus Wasserstoff und Wärmestoff „zusammengesetzt sey."

Ich erstaune in der That, wie Herr Creve in diesen Ideen die Auflösung des grossen Problems finden kann. Ich will ihm zugeben, (was ich mit den Herren Van Marum, Volta, Lichtenberg, Fourcroy, Cavendish und so vielen andern grossen Physikern für sehr unerwiesen halte,) dass das elektrische Fluidum ein feines Wasserstoffgas sey; ich will zugeben, dass ein Metall bei jeder Temperatur das Vermögen habe Wasser augenblicklich zu zersetzen;

*) Von 1797. St. 18. S. 324.

ſetzen; ich will zugeben, daſs in der Medullarſubſtanz des Nerven, wo ſie die Armatur berührt, wirkliches Waſſer und zwar in Menge zugegen ſey — und bei allen dieſen Annahmen weiſs ich mir die einfachſten galvaniſchen Verſuche nicht zu erklären, die Verſuche ohne Metall und Kohlen, mit bloſsen Leitern von thieriſchen Theilen. Man trennt ein Stück vom Schenkelnerven eines recht erregbaren Froſches, und ſchiebt daſſelbe mittels einer Glasröhre zwiſchen den Nerven und ſeinen Muskel. Es erfolgen lebhafte Contractionen. Dieſe Beobachtung habe ich nicht allein oder zuerſt gemacht. Sie iſt den Herren Galvani, Volta, und Aldini längſt bekannt geweſen. Wodurch wird denn hier das Waſſer zerſetzt? Noch mehr: man nehme an, daſs auch alle feuchte Stoffe, ein getrenntes Nervenſtück z. B. oder naſſer Bindfaden die Fähigkeit haben das Waſſer zu zerſetzen; wie iſt es wahrſcheinlich, daſs ein Atom von frei gewordenem Hydrogen, ein Minimum von Elektricität kräftige Muskularerſchütterungen errege, während daſs eine unendlich beträchtlichere Quantität künſtlich erregter Elektricität, (die einer geriebenen Stange Siegellack oder einer geriebenen Glasröhre) in die Organe geleitet, keine Spur einer Bewegung hervorbringt?

So unwahrſcheinlich es demnach auch iſt, daſs plötzlich freigewordenes Hydrogen die Urſach der galvaniſchen Contractionen ſey, ſo gegründet iſt die Vermuthung, daſs chemiſche Veränderungen, welche der Contact der Metalle mit verſchiedenen Flüſſigkeiten hervorbringt, den Durchbruch des Fluidums

G modificiren können. Was nicht Hauptbedingung einer Erſcheinung iſt, kann doch als Nebenbedingung eine wichtige Rolle ſpielen. Jede leiſe Oxydirung der Leiter, jede Umhüllung deſſelben durch Sauerſtoff mindert (wie im ſechſten Abſchnitt gezeigt iſt,) ihre Leitungskraft. Nimmt man alſo an, daſs bei dem Hauchverſuche

Nerv. *P. H. p. P.*

Waſſer zerlegt werde, ſo kann dieſe Zerlegung auf dreifache Weiſe wirken. Die Metalle *P* und *p* können durch eine geringe Verkalkung dem durchſtrömenden *G* neue Hinderniſſe entgegenſetzen, oder ihre Leitungsfähigkeit kann durch eine plötzliche Erkältung (als Folge der Verdampfung und chemiſche Zerſetzung) gemindert werden, oder die, bei der Zerſetzung vom Waſſer, vom flüſſigen Ammoniak und vom Alkohol frei werdende Stoffe, (Hydrogen, Azote und Kohlenſtoff) können ſich dem ihnen vielleicht verwandten galvaniſchen Fluidum beimiſchen und demſelben ſeinen Durchgang erſchweren oder erleichtern. Ja, die bloſse Erwärmung und Erkältung eines Metalls, ohne alle Mitwirkung feuchter Stoffe, erregt ſchon eine *E*, welche Herr Vaſſali *) an einem Elektrometer (das die Ladung von $\frac{1}{700}$ Gran Schwefel miſst) beobachtet hat. In ſo feinen Materien muſs man auch unweſentlich ſcheinende Umſtände nicht übergehen.

Ueberhaupt deuten einzelne Erfahrungen auf ein unbekanntes Verkehr zwiſchen Elektricität und

*) Hrn. v. Crell's chemiſche Annalen, S. 1795. S. 518.

Waſſer, oder Elektricität und Lebensluft. Cuthbertſon hat entdeckt, daſs eine Kleiſtiſche Flaſche ſtärker geladen wird, wenn man den unbelegten Theil derſelben mit Dampf beſchlagen läſst. *) Eine poſitiv elektriſche Atmosphäre wird nach Read's Verſuchen **) negativ, wenn durch athmende Thiere oder Fäulungsproceſſe der Sauerſtoff daraus abgeſchieden wird. Stehen dieſe Verhältniſſe, über die es noch an abgeänderten Verſuchen fehlt, mit meinem Hauchexperiment in Verbindung?

Wenn der Verſtand um die Urſachen räthſelhafter Erſcheinungen verlegen und durch lange Gewohnheit noch nicht in eine träge Gleichgültigkeit verfallen iſt, ſo greift er gleichſam ſpielend zu den entfernteſten Analogien, um aus ihnen Licht über das ſtreitige Problem zu ziehen. Manipulation, Thouvenel's Erz- und Waſſerſucher, das Drehen vom entblöſsten Degen auf zwei Fingerſpitzen, das Kreiſen eines an einem hanfenen Faden aufgehangenen Schwefelkieſes über metallenen Platten waren nie ſo ernſthafte Gegenſtände des Nachdenkens, als ſeitdem die galvaniſchen Verſuche von Italien her zu uns kamen. Was man vormals Ruthengehen nannte, belegt man jetzt mit dem feineren und empfehlenderen Namen unterirdiſche Elektrometrie. Weit davon entfernt, von dem Speculiren

*) *Allgemeene Eegenſchappen van de Electricität, tot Amſteld.* 1782 — 1794 im dritten Theil. — Göttinger Taſchenbuch, 1796. S. 183.

**) *Phil. Transact. for the year,* 1794. *P. II. p.* 266.

über Dinge abzumahnen, deren Daseyn eben so schwer zu erweisen als ihre Unmöglichkeit schwer zu bestreiten ist, wünsche ich nur, dass man unpartheiisch und vorurtheilfrei experimentire, abgeänderte Versuche wiederhole und alle Nebenumstände betrachte. *) Es ist gewiss, dass auch die kleinste Masse von Materie in den grössten Entfernungen auf andere Materie wirkt; gewiss, dass durch das Anzünden einer Fackel die Temperatur des ganzen Luftkreises abgeändert wird; gewiss, dass Wasser, welche in groser Tiefe fliessen, durch ein Minimum von Dämpfen die Natur der darüber stehenden Luftschicht modificiren — ob aber die Veränderungen, welche jene Ursachen bewirken, gross genug sind, um von menschlichen Organen **) empfunden zu werden, diess können wir nicht entscheiden, da es kein abso-

*) Durch welche Kraft wirken einige Schlangenarten durch blosses Ansehen auf das Nervensystem anderer Thiere? Aus den Thatsachen, die Herr Vaillant in seiner neuen Reise bekannt gemacht, sieht man, dass die bisherigen Erklärungen, welche von giftigen Ausdünstungen oder betäubendem Schrecken hergenommen wurden, nicht befriedigend sind. Menschen verlieren ihre Muskelkraft, wenn die Augen der Schlange auf sie geheftet sind, ohne dass sie das Thier selbst sehen. S. die Geschichte eines Offiziers auf Ceylan in Le Vaillant's Neue Reisen in das Innere von Afrika, 1796. B. 1. S. 84.

**) Der Abt Giraud Soulavie glaubte sogar Beziehungen zwischen dem Charakter der Menschen und den Gebirgsarten, auf denen sie wohnen, zu bemerken. In Basaltreichen Gegenden ist das Volk zu religiösen und politischen Revolutionen sehr geneigt. Vergleiche meine Mineralogische Beobachtungen über einige Basalte am Rhein, 1790. S. 20.

lutes Maafs für das Maximum der Erregbarkeit giebt. Die Thatfachen, welche von Herrn Thouvenel's Wundermann, der ein dreifaches lebendiges Hydrofkop, Anthrakofkop und Metallofkop vorftellte, bekannt geworden find, müffen, wenn man fie zergliedert, gerechtes Erftaunen *) erregen. Wenn man bedenkt, dafs Pennet unter den Augen der Grafen Gazola und Niccolo da Rio, des Abts Olivi von Chioggia, der Profefforen Toaldo, Gallini und Mandruzzato operirte, fo kann man fich (auch ohne das Vertrauen, welches Thouvenel's liebenswürdiger Charakter einflöfsen könnte,) den Gedanken nicht erlauben, die günftigen Verfuche einer feinen Betrügerei, oder dem blofsen Zufall zuzufchreiben. Herr Fortis fagt hierüber fehr wahr: *„ſe un numero di fatti affirmativi circoſtanziati e garantiti da perſone ſuperiori ad ogni„accezione non baſta a ſtabilire irremovibilmente la teoria „del Sig. Thouvenel, poiché ha pur un numero di fatti „negativi a fronte, dee però baſtare a far ſi, che tutti „coloro, che aſpirano alla qualificazione di ſenſati „uomini, ceſſino dal declamare contro di eſſa ſragionando, „e più ancora dell abandonarſi a quell' irriſione che non e „mai figlia del vero ſapere ch' é mai ſempre creanzato e*

*) *Réſumé ſur les expér. d'Electrometrie ſouterraine faites en Italie et dans les Alpes depuis* 1789 — 1792, *Brescia* 1793. *Experienze eſeguite da Pennet in Verona nel meſe di Giuglio* 1793. *per D. Ramanzini. Lettera del Sign. Abate Spallanzani ſu gli ſperimenti a Fierenze* 1791. *Lettera del Abate Alberto Fortis ſu gli ſperim. di Pennet nel regno di Napoli, nella Romagna e ſullo ſtato Veneto.*

„modesta in conseguenza del conoscere d'essere assai cir-
„costritto. Una prudente sospensione, uno
„zelo discreto, ed ingenuo per lo scoprimento
„della verità e per la difesa di essa e quanto conviene ai
„dotti ed agli onesti in sifatti casi." Das Experiment mit dem Schwefelkiese setze ich in eine Classe mit dem über das Drehen des Degengefäses, welches zwei Menschen halten, und das ein dritter (in dessen Atmosphäre jene stehen) durch das Reiben der Hand auf der entblösten Brust sich bald rechts, bald links zu wenden zwingt. Wiederholte Versuche haben mich überzeugt, beides bis jetzt für Täuschung zu halten. Der Degen dreht sich oft, ohne dafs man sich einer Bewegung bewufst ist, oder ohne dafs die dritte Person zu reiben angefangen hat. Er wendet sich im Drehen um, wenn er, der Theorie nach, die entgegengesetzte Richtung nehmen sollte. Bei der Glätte der Berührungsfläche, dem Zittern in den Fingerspitzen zweier Menschen, deren Aufmerksamkeit gespannt ist, bei zufälligen Luftbewegungen ist kein reines und höchstens ein negatives Resultat zu erlangen. Ich habe, wie es der Graf Fantuzzi vorschreibt, Schwefelkieswürfel an seidne oder hanfene Fäden gehangen, und über Platten von edeln Metallen und Holztafeln kreisen lassen. Wenn mir die Augen verbunden waren, so versicherten alle Anwesende, dafs der Würfel durch das untergelegte Metall in seiner Ruhe nicht gestöhrt werde. Aber leider! mag wohl ich und alle, die mit mir das italienische Experiment wiederholten, zu der Gattung von Menschen gehören, die von der Natur so ver-

wahrloset sind, dass die edeln Metalle nicht reizend genug auf sie wirken.*)

Ich komme auf Erscheinungen zurück, die in der Wahrnehmung weniger zweifelhaft sind, und die allerdings mit dem Galvanismus zusammen zu hängen scheinen. Wenn wir aufmerksam auf die Zusammensetzung galvanischer Ketten sind, so sehen wir, dass die Berührung verschiedenartiger Metalle eine der wichtigsten Rollen dabei spielt. Wirkt, dachte ich oft, dieses Verhältniss bloss dadurch, dass es den Strom des Fluidums G aufhält, und eine

*) „*Uno sperimento aveva dimostrato al Signor Conte* „*Marco Fantuzzi (Cavaliere Ravignano) esistere delle* „*disposizioni particolari in differenti individui, che* „*sembrano negate del tutto alla maggior* „*parte. Jo non conosceva l'azione dei metalli su la* „*pyrite di ferro, tenuta da un uomo penzoloni appesa* „*ad un filo, a non gran distanza dalla particolare loro* „*atmosfera. Jo l'ho veduta la prima volta a Gualdo* „*dove anche l'ho provata in persona mia*" (der Abt Fortis schreibt an Spallanzani) „*Chiudete in uno* „*de' tiratoj del vostro scrittojo, sotto quanto più* „*grossa e doppia tavola volete, una somma d'oro o* „*d'argento, o lavori di tali sostanze, che abbiano qual-* „*che volume. Abbiate appeso ad un filo di lino,* „*canape o seta (colla lana non l'ho ancor provata) una* „*di quelle pyrite cubiche, che volgarmento son dette* „*Pietre degl' Incas; e il filo sia per esempio lungo due* „*piedi. Tenetevi discosto dallo scrittojo, per non* „*toccarlo con alcuna parte della persona; e portate su* „*la parte di esso, che copre i preziosi metalli, la* „*vostra pyrite appesa, tenendone il filo fra il pollice* „*e l'indice. Poco starà che, se avete l'opportuna* „*disposizione, la pyrite incomincerà o a girare,* „*formando un cerchio sempre crescente, o ad oscillare* „*formando una strettissima elisse. In mano mia fà* „*quest' ultimo effetto; in mano al Conte Fantuzzi*

Anhäufung veranlaſst, oder ſollte nicht dieſer Contact irgend eine Veränderung in den unbelebten unorganiſchen Stoffen hervorbringen? Ein Freund, deſſen Scharfſinn und ausgebreitete Gelehrſamkeit ich ſchon ehemals benutzt, D. Aſh aus Oxford hat mich der Beantwortung dieſer Frage näher gebracht. „Meine ganze Aufmerkſamkeit, ſchrieb er „mir am 10. April 1796. iſt ſeit einiger Zeit auf die „Metalle ſelbſt gerichtet. Ich wünſchte den Ver„änderungen auf die Spur zu kommen, welche „durch die Berührung gleichartiger oder ungleich-

„descrive un cerchio, che dal diametro d'un pollice „giunge progreſſivamente a quello di due piedi. Se dal „tenerla ſopra i metalli la trasportarete ſu d'una „pietra, ſu d'un libro o ſu d'un legno, o ſe farete „togliere eſſi metalli del luogo loro, i circoli della „pyrite ſi andranno e reſtringendo, e a poco a poco „eſſa ritornerà alla ſua immobile perpendicolarità. „Lo ſteſſo vedrete accadere ſe nel momento che girá „più violentemente, vi metterete in communicazione „collo ſcrittojo, appoggiandovi un ginocchio o la „mano, overo facendo, che qualche altra perſona in „contatto con voi ve l'appoggia. La pyrite gira anche „ſu i cumuli metallici ſcoperti e particolarmente ſulla „arena marziale nera. Troverete molte perſone „fra le mani delle quali la pyrite non ſi „muove punto, e quaſi diviſe in egual nu„mero quelle, fra le mani delle quali ſà i „due diverſi movimenti, che v'ho accennato." *Fortis l. c. p.* 11. Ich habe dieſe ganze Stelle wörtlich abdrucken laſſen, weil ich in mehreren Briefen um nähere Nachricht über die Anſtellungsart des Verſuchs befragt worden bin. Bei meinem vorigjährigen Aufenthalte in den Euganeiſchen Gebirgen konnte ich leider! von dem Abte ſelbſt, da er ſeine *Villa* zu *Galzignano* verlaſſen hatte, keine nähere Auskunft erhalten.

„artiger Metalle hervorgebracht werden. Aus einigen Versuchen scheint es mir mehr als wahrscheinlich zu seyn, daſs sich in den Metallen, die die „gröſste galvanische Wirksamkeit zeigen, eine bemerkbare chemische Mischungsveränderung ereignet. „Legen Sie zwei homogene Zinkplatten mit Waſſer „befeuchtet aufeinander, so daſs sie sich in so vielen „Puncten als möglich berühren, so werden Sie, „wenn die Stoffe recht gleichartig sind, äuſserst „wenige Wirkung bemerken. Legen Sie aber auf „die nemliche Art Zink und Silber zusammen, und „Sie werden bald sehen, daſs sie einen starken Effect „auf einander hervorbringen. Der Zink scheint sich „zu oxydiren, und die ganze Oberfläche der angefeuchteten Silberplatte ist mit einem feinen weiſsen „Staube (Zinkkalk) bedeckt. Blei und Quecksilber „wirken eben so stark auf einander, so wie auch „Eisen und Kupfer."

Diese Entdeckung, welche ich Herrn Ash verdanke, ist in jeder Rückſicht überaus merkwürdig. Zwar hatte (gegen Waſſerberg *)) schon Laſſone die Zerlegung des Waſſers durch Zink beobachtet. Er übergoſs frische Zinkfeile mit destillirtem Waſſer in einer fast ganz gefüllten wohl verstopften Flasche, und bemerkte gleichzeitige Entstehung von Zinkkalk

*) *Institut. chemicae* §. 1702. Laſſone in Crell's chem. Journ. Th. 3. S. 170. aus den *Mémoires de Paris* von 1792. p. 380. Gren sagt: „das Waſſer löſst auch nichts „von ihm auf, doch verdienen Laſſone's Erfahrungen „hierüber weitere Prüfung." Handbuch der Chemie Th. 3. 1795. §. 3221.

und Entbindung häufiger Blasen. Aber Lassone ahndete nicht, wie sehr diese Verhältnisse von dem Contact zweier verschiedenartiger Metalle abhängen. Ich bin noch damit beschäftigt, die Experimente des D. Ash zu vervielfältigen, und habe bis jetzt folgende Resultate erhalten: Wenn man eine befeuchtete Zinkplatte auf einen flachen silbernen Präsentirteller legt, so entstehen, wenn das Wasser etwa 12° R. hat, in 4 bis 5 Stunden deutliche Spuren einer Wasserzersetzung. Um die Zinkplatte legt sich ein Rand von weissem Zinkkalk, der genau den Umrissen des Metalls parallel läuft. Wenn dieses an dem einen Ende breiter als an dem anderen ist, so zeigt der Kalkbeschlag (und hat er auch einen Durchmesser von einem halben Zoll) dieselbe Ungleichheit. Es scheint demnach, als wenn der schon gebildete Zinkkalk von dem neu entstehenden, von dem Metall abfallenden, leise weggeschoben werde. Während der Oxydation bemerkte ich bisweilen Luftblasen aufsteigen. Die Analogie mit anderen verwandten Erscheinungen läfst vermuthen, dafs diese Blasen inflammable Luft sind, welche aus dem, in seine gasförmige Bestandtheile zerlegten Wasser entsteht. Die Menge derselben, welche ich in eine Glasröhre steigen liefs, war bisher zu klein, um entscheidende directe Versuche zu machen. Das Azote (welches mit wenigem Sauerstoffgas verbunden, die Zwischenräume des Wassers ausfüllt) mischt sich ohnedies mit jenem Hydrogen, und die Chemie kennt noch kein Mittel, Stickstoffluft und Wasserstoff-

luft von einander zu trennen. *) Wenn ich mit gemeinem Waſſer arbeitete, fand ich, wie Herr Ash, den Zinkkalk mit Salzſäure ſchwach aufbrauſend. Bei deſtillirtem Waſſer wurde dieſs Aufbrauſen anfangs gar nicht wahrgenommen, ſondern zeigte ſich erſt, wenn das Pulver Tagelang der Atmosphäre ausgeſetzt war. Der Zinkkalk ſcheint demnach (wie das oxydirte Blei) Kohlenſäure aus dem gemeinen Waſſer, und nachher aus der Luft, an ſich zu ziehen.

Um Gegenverſuche über die gegenſeitige Wirkung der Metalle bei ihrem Contacte anzuſtellen, legte ich nicht Zink auf Zink, ſondern Zink auf feuchtes Glas. Alle obige Erſcheinungen erfolgten, nur ſpäter und ſchwächer. Nach 20 Stunden verhielt ſich die Menge des oxydirten Zinks auf dem Glaſe zu der auf dem Silber = 1 : 3. Haben aber dieſe Phänomene etwas mit denen des Galvanismus gemein? Laſſen ſie auf eine beſondere Kraft ſchlieſsen, welche durch den Contact zweier heterogener Metalle in Umtrieb geſetzt wird? Dieſe Fragen ſind für jetzt noch ſehr ſchwer zu beantworten, da ſie iſolirte Thatſachen betreffen, „*des pierres d'attente*,

*) Ich glaube, daſs man dieſes Mittel in einem elektriſchen Apparate, der dem Voltaiſchen Eudiometer ähnlich wäre, finden könnte. Man lieſse Sauerſtoffgas, welches durch Phosphor gereinigt wäre, zu dem Luftgemenge, und wöge das ſpecifiſche Gewicht des durch die *E.* niedergeſchlagenen ſalpeterſauren Waſſers. An einem andern Orte, wo ich von Zerlegung der Luftgemenge handle, werde ich auf dieſen Gegenſtand zurückkommen.

(wie sie Herr Pictet nennt,) *que les physiciens posent „ça & là dans leurs travaux & qui trouveront un jour leur „place.*" Es ist sehr denkbar, dass die Wasserzersetzung nicht bloss durch die Ziehkraft des sich verkalkenden Metalls zum Sauerstoff, sondern auch durch die Temperatur desselben, seine Form und elektrische Ladung, modificirt wird. Ueberall, wo Stoffe ihren Cohäsionszustand verändern, erstarren oder flüssig werden, wird elektrisches Fluidum gebunden oder entbunden. Wenn also die grössere Menge des entstandenen Zinkkalks auf dem Silber von der Menge der dabei rege gewordenen *E.* herrührte, so könnte das Experiment allerdings auf etwas hindeuten, was mit dem Galvanismus in naher Beziehung stände. Eben die Ursache, welche bei der Wasserzersetzung als ein so wichtiges chemisches Agens wirkte, könnte auch den Durchbruch des galvanischen Fluidums und die Natur der feuchten Leiter modificiren.

Aber so lange noch andere Erklärungsarten möglich sind, welche auf längst bekannte Naturkräfte hinweisen, darf man nicht allein zu unbekannten Wirkungen seine Zuflucht nehmen. Sollte jenes merkwürdige Experiment sich nicht auf eine zusammengesetzte Verwandschaft gründen? Das Silber hat unter jeder Temperatur einige Ziehkraft zum Sauerstoff. Liegt nun eine dünne Wasserschicht zwischen dem Zink und Silberplättchen, so sind die Ziehkräfte beider Metalle thätig, dieselbe zu zerlegen. Wir kennen mehrere Fälle aus der Experimentalchemie, in denen zwei heterogene Stoffe

leichter, als einer einen dritten in seine Bestandtheile auflösen. Kein Wunder daher, daſs Zink auf Zink, oder Zink auf Glas weniger Waſſer zerlegt, als der Contact heterogener Metalle. So wie das Silber auf die Oxydirung des Zinks wirkt, so wirkt auch dieser auf die Verkalkung des Silbers. Das letztere läuft nicht nur pfauenschweifig an, sondern man kann auch wahren Silberkalk davon abschaben. Hiebei ist aber sehr auffallend, daſs die Veränderung des Silbers sich nicht unter dem Zinkkalk, sondern erst da findet, wo dieser aufhört, also oft ½ Zoll weit vom regulinischen Zink entfernt. Auf diesen letztern Umstand hat mich Herr Gödeking aufmerksam gemacht, ein kenntniſsvoller Chemist, mit dem ich eine weitläuftige Arbeit über Auflösung des Phosphors in Stickgas gemeinschaftlich unternommen.

Die Bemerkung, daſs der Zink in Vergleich mit anderen Excitatoren eine so wichtige Rolle bei den galvanischen Versuchen spielt, hat die Physiker veranlaſst, über die Unterschiede dieses Metalls von andern Metallen nachzusinnen. Unter den vielfachen Verhältnissen, welche sich bei dieser Untersuchung darbieten, scheint keines in so unmittelbarer Beziehung mit den Erscheinungen der thierischen Materie zu stehen, als die Heilkraft des Zinks bei Nervenübeln. Gaubius *) kaufte das *arcanum* der *Luna*

*) *Brunnemann de Praecip. Zinci calcibus, Lipsiae* 1796. *p.* 24. Sammlung auserlesener Abhandlungen zum Gebrauch praktisch. Aerzte, B. 5. S. 234. B. 9. S. 350.

fixata von einem Amſterdammer Charlatan, Namens Ludemann, und wenn es auch nachmals unter den Händen einiger groſsen Aerzte nicht fortgefahren hat, eben ſo auffallend kräftig zu wirken; ſo hat es doch ſeinen Ruhm noch nicht ganz eingebüſst. *) Ich will nicht daran erinnern, daſs andere Metalle, welche bei den galvaniſchen Verſuchen keine ausgezeichnete Stelle behaupten, wie Arſenik und Queckſilber, weit mächtiger auf die ſenſible Fiber als Zinkkalk wirken. Die Betrachtung allein, daſs Zink und Gold, Graphit und Platina faſt eben ſo wirkſame Excitatoren, als Zink und Silber ſind, entfernt die Idee von einem Zuſammenhange zwiſchen dem Zink als Nervenmittel, und dem Zink als Leiter des Galvanismus.

Iſt das galvaniſche Fluidum einer Thiergattung weſentlich von dem einer andern verſchieden? Es wäre voreilig, dieſe kühne Frage in eine Claſſe mit denen über die Schnelligkeit des Nervenſaftes und dem Durchmeſſer der (hypothetiſch erſabelten) Markkügelchen zu ſetzen. Ich erinnere an die Verſuche, deren ich im ſiebenten Abſchnitte dieſes Werks erwähnt habe. Ein eiſerner Draht, welcher die entblöſsten und armirten Nerven meines Rückens verband, reizte die Geſchmacksorgane mehrerer

*) Herr Richter ſagt in ſeinen claſſiſchen Med. Chirurg. Bemerkungen, B. 1. S. 136. „Die Flores Zinci „habe ich, bei epileptiſchen Zufällen, einigemal ohne „Nutzen, einigemal aber auch mit einem auffallend „glücklichen Erfolg gebraucht. Ich bin aber nicht im „Stande, die Fälle zum voraus zu beſtimmen, in wel„chen dieſs Mittel wirkſam oder unwirkſam iſt."

Personen, welche denselben über ihre Zunge wegstreichen liefsen. Diefer Reiz erfolgte nie, wenn der Verfuch bei Froschnerven unter denfelben Bedingungen wiederholt ward. Liegt nicht der Grund dieser Verfchiedenheit darinn, dafs menschliche Organe leichter von einem Fluidum afficirt werden, dafs aus einem warmblütigen, als von einem, das aus einem kaltblütigen Körper ausftrömt? Ift es nicht denkbar, dafs, fo wie alle thierifche Flüffigkeiten in den verfchiedenen Gattungen verfchieden find, dafs fo auch der feine Stoff, welcher in den Nerven und Muskeln angehäuft ift, und durch deffen Beimifchung oder Entziehung fich die andern Elemente der Längenfafer (ihren chemifchen Ziehkräften folgend) verkürzen, dafs diefer feine Stoff, fag' ich, ebenfalls in verfchiedenen Thiergattungen, ja in einer Species nach Verhältnifs des Gefchlechts, des Alters und der Lebensart verfchieden fey? Wären die Wirkungen, welche das galvanifche Fluidum (bei feinem Strömen durch leitende Ketten) auf unbelebte Stoffe äufsert, nicht aller Wahrnehmung entzögen, fo hätten wir Mittel in Händen, jene Verhältniffe auszufpähen. Aber leider! bringt daffelbe bei feinem Umlaufe nur in erregbaren (Sinnes) Organen bemerkbare Veränderungen hervor, und diefen feinen Werkzeugen ift zu folchen Prüfungen wenig zu trauen, da die Stärke der Reizung nicht von dem Stimulus allein, fondern zugleich von der Erregbarkeit der Fafer abhängt.'

Ift das galvanifche Fluidum als ein feines Gas zu betrachten? Diefe Frage ift nicht ganz beftimmt.

Setzt man das Wesen einer Gasart in der Expansion durch Wärmestoff, so sind die Sonnenstrahlen (wenn man mit Herrn Leonhardi den Wärmestoff als *fluide déférent* der Lichtbasis betrachtet) und das elektrische Fluidum, seit van Marum's Entdeckung, allerdings als Gasarten zu betrachten. Gedenkt man aber an den Unterschied zwischen wiegbaren und unwiegbaren, sperrbaren und unsperrbaren Flüssigkeiten, so wird der Abstand der Elektricität des Sonnenlichts und des Magnetismus von den ausschliesslich sogenannteu Gasarten sehr auffallend. Die magnetische Materie durchströmt jede Substanz, ihre Dichtigkeit mag noch so beträchtlich seyn. Eben so unsperrbar ist der Wärmestoff und die Elektricität. Wird die letztere auch nicht durch Glas fortgeleitet, so wirkt sie doch durch das Glas durch, indem sie jenseits desselben entgegengesetzte elektrische Pole erregt. In dieser Unsperrbarkeit liegt der Grund, warum wir so selten genaue Versuche über die feinen Stoffe anstellen können. Wir experimentiren stets unter unbestimmten Bedingungen, in einer Atmosphäre, aus der von allen Seiten zuströmt, was wir uns auszuschliessen bemühen. Wasserstoffgas, Lebensluft, Stickgas werden dagegen (zum Glück für die analytische Scheidekunst) durch Glas gesperrt; ja aus den bisherigen Erfahrungen dürfen wir sogar als gewiss annehmen, dass die isolirten Basen der Gasarten, Hydrogen, Oxygen und Azote für sich mit dem das Glas durchdringenden Licht- und Wärmestoff nicht mit fortgerissen werden. Die Experimente, welche ich im siebenten Abschnitt (Fig. 62.)

ent

entwickelt, lehren, dafs das galvanifche Fluidum keine Aehnlichkeit mit den Gasarten, fondern vielmehr mit den durchdringenderen, unfperrbaren, feineren *) Stoffen zeigt. Trennt man die reizenden und fenfiblen Atmosphären zerfchnittener Nerven durch eine dünne Metallplatte, (Zinnfolie) fo ftrömt das galvanifche Fluidum in den Muskel ungehindert über. Stehen die Nervenenden durch untergelegte Glasftäbe frei, in der Luft fchwebend, einander gegenüber, fo ftört jede Glastafel die Communication.

Diefe Thatfachen fetzen es aufser Zweifel, dafs man das Unterbinden eines Nerven fich keineswegs wie das Unterbinden eines Gefäfses denken darf. Wenn eine tropfbare, oder gasförmige Flüffigkeit in dem fenfiblen Syfteme circulirte, fo müfste fie in der That fehr grober Art feyn, wenn fie durch ein Band, welches ohnedies nur auf der Oberfläche wirkt, in ihrem Laufe gehemmt werden könnte. **) Denken

*) Ich nenne, wie andere Phyfiker, die Elektricität einen feineren Stoff, als Luft. Diefer bildliche Ausdruck ift unfchädlich, aber uneigentlich. Merkwürdig in Hinficht auf den Sprachgebrauch ift er deshalb, weil er abermals von dem Beftreben des finnlichen Menfchen zeugt, chemifche Begriffe auf atomiftifch- mechanifche zu reduciren, und alles durch die Zwifchenräume *(vacuum diffeminatum)* und *corpuscula* zu erklären.

**) Ich erinnere hiebei an den merkwürdigen Fall eines epileptifchen 12 jährigen Knaben, welchen Herr D. Pfündel mit Kupferfalmiak heilte. Hier find die Worte diefes aufmerkfamen Beobachters: „Der Kranke fpührte, „dafs (vor jedem Anfalle) in der Mitte des rechten „Fufses, da wo die Wade aufhört, eine warme laue „Empfindung in die Höhe fteige, die im Schenkel einen

wir uns aber das galvanische Fluidum als gewissen Leitern folgend, so bleibt der Effect des Unterbindens eben so räthselhaft, da das Band die Leitung keineswegs unterbricht, ja selbst seiner Natur nach (als feuchtes Haar oder Seide) nicht isolirend ist. Ich gestehe, dass ich in der Erklärung physiologischer Erscheinungen kaum eine grössere Schwierigkeit kenne, als diese Aufgabe. Ein untergebundener Nerve kann (man vergleiche die Versuche im siebenten Abschnitte) selbst oberhalb des Bandes wirksam gereizt werden, wenn die Armatur dem Bande nahe liegt, und der Theil des Nerven zwischen dem Bande und dem Muskel, nicht

„kurzen Stillstand zu machen schiene, dann plötzlich „in den Unterleib führe, wo ihn eine starke Aengstlichkeit befalle; nun bekomme er Herzklopfen, und alsbald steige es ihm wie heisses Wasser in den Kopf, und „er verliere die Besinnung. Die *aura epileptica* wäre „vor jedem Paroxysmo merklich geworden. Ich verordnete, dass der Knabe ein breites Band über „dem rechten Knie mit einer Schlinge anlegen sollte, „und sobald er merke, dass die *aura epileptica* im Entstehen wäre, sollte er das Band, so fest als möglich, „zusammenziehen, um den Fortgang derselben dadurch „zu hemmen. Dies that auch allezeit vortreffliche „Dienste. Denn, wenn er aufmerksam war, so „konnte er den Anfall immer dadurch verhindern; wenn aber die Empfindung einmal bis in „den Schenkel gedrungen war, dann war der Anfall „nicht mehr aufzuhalten. Durch das Unterdrücken „des Paroxysmus war aber der Kranke den ganzen Tag „matter, als ihn der wirkliche Anfall selbst machte, „und anstatt dass derselbe sonst 8 bis 14 Tage ausblieb, „so kehrte jetzt die *aura epileptica* viel „häufiger, manchmal alle 2 Tage, ja einmal in einem Tage zweimal, zurück." Hufeland's Journal der Heilkunde, B. 2. S. 280.

mit leitenden Subſtanzen umwickelt iſt. Erſt, wenn dieſe Einhüllung erfolgt, hemmt die Unterbindung den Reiz ober- und unterhalb dem Bande, und dann zwar ſo plötzlich, daſs dieſe Hemmung gar nicht durch Ableitung (Mangel an Iſolation) erklärt werden kann. Ich erlaube mir bis jetzt keine Vermuthung über dieſes Problem.

Was in dem Nerven angehäuft iſt, und durch ſeinen Uebergang in die Muskelfaſer eine chemiſche Miſchungsveränderung und Annäherung der Theile veranlaſst, braucht (wie ich oben gezeigt) keinesweges weder in dem Nerven, noch in dem Hirnmarke, deſſen verlängerte Zweige jene ſind, allein excernirt zu werden. Es ſcheint mir vielmehr ſehr wahrſcheinlich, daſs die Flüſſigkeit G in allen thieriſchen Theilen, (deren Miſchung wenigſtens in qualitativen Verhältniſſen ſich ſo ähnlich iſt,) zugegen ſey; es ſcheint mir wahrſcheinlich, daſs es (wie die elektriſche Materie, Blut und Milch) aus Elementen zuſammengeſetzt ſey, welche einzeln eine wichtige Rolle in der unorganiſchen Natur ſpielen. Auch lehren die Erfahrungen Fig. 37. 62. 63. 65., daſs alle thieriſche Subſtanzen, Nerven ſowohl als Muskelfleiſch, unter gewiſſen Bedingungen aus der Entfernung *) wirken können. Dieſe Wirkung iſt nun auf eine zweifache Weiſe denkbar, entweder ſo, daſs feine Stoffe jenen Wirkungskreis, deren Gröſse ich auf ¼ bis 1 Linie Durchmeſſer beſtimmt habe, ausfüllen, oder ſo, daſs

*) *Reil Exercitationum Anatomicarum fascicul.* I. p. 28.

die Elemente der thierischen Materie ihre Wirkung in die Ferne (*actio in distans*) in diesem Raume äussern. *) Die Analogie anderer Erscheinungen der Körperwelt sprechen für den ersteren Fall. Wir sehen nicht blofs die ungeheuern Massen von Materie, die in sogenannte Weltkörper geballt sind, in eigene und verschiedenartige Dunstkreise eingehüllt, sondern auch alle irdische Stoffe stören die Lichtstrahlen, welche in ihre Nähe kommen, in ihrem gradlinigen Wege, und diese Beugung (*Diffractio luminis*) scheint, nach Mairan's und Du Toures Untersuchungen auf Atmosphären hinzudeuten, welche jeden Körper umgeben. Die Dunstbläschen der Wolken, über welche wir den Herren Kratzenstein und Saussure so scharfsinnige Beobachtungen verdanken, rollen auf der Oberfläche tropfbarer Flüssigkeiten hin, ohne sie zu berühren. Der unbekannte Stoff, (Elektricität, oder brennbares Gas?) der sie ausfüllt, macht wahrscheinlich auch ihre Atmosphäre aus. Jeder irdische Körper bildet durch seine anziehende Kraft **) eine

*) Eigentlich involviren beide Fälle eine Wirkung *in distans*, die nicht blofs dynamisch construirbar, sondern nothwendig anzunehmen ist. „Ein jedes Ding im Raume „wirkt auf ein anderes, nur an einem Orte, wo das „Wirkende nicht ist. Denn sollte es an demselben „Orte, wo es selbst ist, wirken; so würde das Ding, „worauf es wirkt, gar nicht ausser ihm seyn; denn die„ses Aufserhalb bedeutet die Gegenwart in einem „Orte, darinn das andere nicht ist." Kant's Metaph. Anfangsgr. der Naturw. S. 62.

**) Langsdorf Abhandl. über die Wärmelehre, 1796. S. 72.

eigne Schicht verdichteter Luft um sich her. Das elektrische Abstofsen entsteht ebenfalls durch Anhäufung der Elektricität um die geladenen Körper, und wie jeder materielle Theil in eine eigene Atmosphäre von Wärmestoff eingehüllt ist, hat Herr Mayer in seiner Abhandlung über die Repulsivkraft *) gezeigt. Ich kann nicht umhin, diesen Abschnitt mit einigen Ideen zu schliefsen, welche jener grofse Mathematiker in einem Briefe an mich gleichsam flüchtig hinwarf. „Wie, wenn jeder Kör„per in der Natur mit einer eignen Atmosphäre „umgeben wäre, wenn Muskel, Nerven und Me„talle besondere Atmosphären von feinen, und viel„leicht unbekannten Stoffen um sich hätten? Was „mufs geschehen, wenn diese sich begegnen, und „sich gegenseitig zersetzen? Ohne Zweifel, was un„serem Körper begegnen würde, wenn er in die „Atmosphäre eines andern Körpers käme, und beide „Atmosphären sich gegen einander zersetzten, — „heftige Explosionen und Erschütterungen in ihm. „Gleichartige Atmosphären erhalten vielleicht gegen„seitige Ruhe. Ich wage die Anwendung nicht auf „erregbare thierische Organe, wenn sie sich diesem, „oder jenem Körper nahen. Atmosphären von „Wärmestoff haben alle Stoffe ohnehin. Dafs die „Metalle von feinen Substanzen umgeben sind, „zeigt ihr specifiker Geruch. Viele grofse Natur„wirkungen mögen von diesen feinen Materien, „welche um alle Körper angehäuft sind, für welche

*) Gren's Journal der Physik, B. 7. S. 211.

„unſere Sinnenwerkzeuge aber zu ſchwach ſcheinen, „abhängen. Die Thiere haben hierin vieles vor „dem Menſchen voraus. Lichtenberg ſagt ſehr „ſinnreich, daſs ſich eine Hundsnaſe für Oxygen „und Hydrogen wie für Trüffeln müſste abrichten „laſſen."

Ende des erſten Bandes.

Nachträge.

Zum dritten Abschnitte: Der merkwürdige Versuch, Contractionen zu erregen, ohne alle kettenförmige Verbindung der Excitatoren (Fig. 9.) ist in den letzten Tagen des Merzes 1797. meinem Freunde, dem älteren Herrn Keutsch (aus St. Thomas in Westindien) geglückt. Dieser treffliche junge Mann, welcher die feinsten anatomischen und physiologischen Kenntnisse mit einander verbindet, und dessen Beobachtungen ich in der Folge noch öfter anführen werde, hatte einen sehr lang präparirten Ischiadnerven mit Zink armirt. Kaum berührte er den Zink allein mit einer Silbermünze, so entstanden, ohne irgend eine mögliche Nebenleitung nach dem Muskel, in diesem die heftigsten und anhaltendsten Zuckungen. Die Entfernung vom Nerven, in der die Berührung der beiden Metalle geschah, wurde wieder dabei als gleichgültig befunden. —

Als die vorstehenden zehen Abschnitte dieses Werks bereits abgedruckt waren, kam mir erst der an mich gerichtete physiologische Brief des Herrn D. Philipp Michaelis, welcher in Gren's

Neuem Journ. der Phys. B. 4. H. 1. S. 9. abgedruckt ist, zu Gesichte. Was konnte interessanter für mich seyn, als meine Versuche durch solch einen Experimentator geprüft, bestätigt, berichtigt und erweitert zu sehen. Herr Michaelis besorgt, dass bei dem Versuche ohne Kette (Fig. 9.) die Täuschung statt finden könne, dass nicht ein Nervenast, sondern mehrere zugleich, armirt gewesen wären, und dass die Armatur *M* demnach eine Kette zwischen jenen Aesten gebildet habe. Ich erinnere daher ausdrücklich, dass ich nur einen unzerfleischten Nerven, von vollkommen gebändertem Ansehen, herauspräparirt hatte, und dass das Muskelfleisch sammt den andern Nervenfäden weit von der Armatur entfernt lagen. Wollte man aber auch jenen einen Nerven als zwei, und *M* als den Leiter zwischen beiden betrachten, so ist nicht abzusehen, warum *N* (welches dann nur erschütternd wirkte) nicht gleich wirksam war, es mochte ein Metall, oder Siegellack seyn. Der mühsame Versuch Fig. 12. *a* endlich, wo die Berührung von *N* und *P* wohl wohl keine Erschütterung in *M* hervorbringen konnte, widerlegt jene Voraussetzung noch mehr. — Dies zur Erläuterung einer wichtigen Thatsache, und nicht gegen die Aeusserungen meines Freundes, der sich selbst so bescheiden über das Gelingen und Nicht-Gelingen von Versuchen äussert.

Zum siebenten Abschnitte: Herr Michaelis hat den Versuch, nach welchem das galvanische Fluidum nur wenn es von menschlichen Organen, nicht wenn es von Froschorganen ausgeht, die

Zun-

Zungennerven reizt, ansehnlich erweitert. Gren's Neues Journ. B. 4. S. 13. — Er glaubt, dass bei Zerschneidung der Nerven und dem Reizen durch sensible Wirkungskreise die Täuschung obwalte, dass die Feuchtigkeit des Glases eine Leitung zwischen den zerschnittenen Nervenstücken mache, a. a. O. S. 25. Ich gestehe, dass ich ebenfalls alles dieser Täuschung zuschreiben würde, wenn mich nicht die Versuche, welche ich oben S. 82 — 86. und am Ende des siebenten Abschnitts (Fig. 37. und 65.) erzählt habe, vollkommen überzeugten, dass die thierische Materie eine Kraft hat, aus der Entfernung zu wirken. Wie konnte in diesen Fällen eine feuchte Zuleitung statt finden, da ich 1 bis $\frac{5}{4}$ Linien weit von dem Muskel entfernt blieb, und mit meinen Augen die freie Luftschicht erkannte, welche den Muskel von der Pincette trennte? Dass ich nicht zufälliges Zittern in den Organen mit kräftigen Contractionen verwechselte, davor schützte mich die lange Dauer des Versuchs. Die Zuckungen erfolgten jedesmal, und nur dann, wenn ich den bewickelten Arm der Pincette den Organen näherte. Wie war hier Täuschung möglich?

Ueber den Fall, wo ein erregbarer Nerve mittelbar, d. h. dadurch armirt ist, dass er auf einem anderen armirten, erregbaren Nerven aufliegt, hat Herr Michaelis eben so neue als sinnreiche Versuche angestellt. S. dessen Brief an mich S. 10.

Zum achten Abschnitte: Die Abhandlung des Herrn Wells ist seitdem in den philosophischen Transactionen wirklich erschienen, und auch bereits

im 4ten Heft von Gren's Neuem Journal für 1797. abgedruckt worden. Ich sehe mit besonderem Wohlgefallen daraus, daſs es Herrn Wells, wie mir, geglückt ist, einem Metalle die Kraft des andern durch bloſse Berührung mitzutheilen. Diese Kraft erhielt sich bisweilen einen ganzen Tag hindurch. So bestätigen sich Entdeckungen, denen man anfangs (weil sie so selten gelingen, und weil sie mit andern Naturerscheinungen so gar nicht übereinstimmen,) fast allen Glauben zu versagen geneigt ist. — Auch den Einfluſs der Feuchtigkeit auf die Excitationskraft der Metalle hat Herr Wells fast zu derselben Zeit in England bemerkt, als ich ihn in Deutschland bekannt machte. Auf die Groſse der benetzten Fläche kommt es indeſs dabei gar nicht an, wie der englische Physiker glaubt. Eine feine Belegung mit Hauch wirkt wie die eines dicken Waſſertropfens. Auch ist Herrn Wells die für die Gesetze des Galvanismus so wichtige Bemerkung entgangen, daſs bei minder reizbaren Individuen nur in der Kette Nerv. $\underbrace{P. p. H. P.}$ nicht aber in der $\underbrace{\text{Nerv. } P. H. p. H. P.}$ eine Contraction erfolgt. Die erste Entdeckung von der Excitationsfähigkeit der Kohle, welche sich Herr Wells selbst zuschreibt, ist übrigens von Herrn Volta.

Zum neunten Abschnitte: Ueber den Versuch mit Belegung der Zungennerven, vergleiche Michaelis Brief an mich a. a. O. S. 16. Die Erfahrung, daſs der Hunterſche Blitzversuch sehr viel beſſer gelingt, wenn die Atmosphäre mit Elektricität überladen ist, (z. B. bei nahem Gewitter)

wird durch analoge Thatsachen bestätigt, a. a. O. S. 19. Ich vermuthe, dass auch gerade schon deshalb im Merz, April und Mai alle galvanische Erscheinungen sichtbarer und auffallender sind, weil nach Herrn Heller's neuen Beobachtungen (a. a. O. 75.) die Elektricität des Dunstkreises bei uns in diesen Monaten so unendlich stärker, als im Sommer ist.

Den Versuch, den ich bei Fliegenpflastern auf meinem Rücken anstellte, hat Herr Michaelis glücklich wiederholt. Die Umwandlung der Säfte erfolgte ebenfalls, die lymphatisch-seröse Feuchtigkeit wurde roth gefärbt, aber nur in der Nähe der Wunde gelang es meinem Freunde, mit jener Feuchtigkeit bleibende Züge zu mahlen, a. a. O. S. 21. Die schmerzhafte eiternde Geschwulst, welche bei dem Experimente erfolgte, muss aber bei künftiger Wiederholung desselben vorsichtig machen.

Zum zehnten Abschnitte: Eine weitere Ausführung der Voltaischen Theorie, besonders über Richtung des galvanischen Stromes unter 8 und 9 Gliedern der ersten und zweiten Classe, s. in Gren's Neuem Journ. B. 4. H. 1. S. 107. Die dort Tab. II. als negativ geschilderten Fälle Fig. 3—7. und 10. sind es gerade, welche ich und jetzt viele meiner Freunde, mit denen ich experimentire, bei sehr lebhaften Individuen als positiv, d. h. als Reizinvolvirend befunden haben. Herr Volta sagt zwar apodiktisch: (S. 109.) „es ist schlechterdings nöthig, „dass zwei verschiedene Metalle, oder Leiter der „ersten Classe, unmittelbar mit einander in Berührung „sind, während sie mit ihren gegenüber stehenden

„Enden Leiter der zweiten Claſſe berühren." Aber nach Verſuchen, die ich noch vor wenigen Stunden mit aus dem Winterſchlaf erweckten Fröſchen wiederholt, muſs ich dem groſsen Phyſiker aufs neue hierin widerſprechen. Wenn ich einen Cruralnerven *a* mit Zink armire, und dieſe Armatur nicht unmittelbar mit Silber berühre, ſondern, wenn zwiſchen dem Zinke und Silber ein zweiter eben ſo friſcher Cruralnerve *b* lag: ſo ſah ich in der Kette:

Nerv *a* — Zink — Nerv *b* — Silber.

den mit *a* organiſch verbundenen Muskel convulſiviſch erſchüttert werden. Hier ſcheinen mir doch beide Metalle zu beiden Seiten von gleichen Kräften balancirt zu ſeyn! Eben ſo war es, wenn ich ſtatt *b* ein Stück Muskelfleiſch nahm, welches von dem Schenkel *a* ſelbſt abgeſchnitten war, und wenn das Silber nun nicht den Nerven *a*, ſondern den Schenkel berührte. Herrn Volta's Fig. 10. drückt endlich die Abänderung meines Hauchverſuchs aus, wo das einzige heterogene Metall auf beiden Flächen mit feuchten Stoffen in Berührung iſt, die Kette Nerv *P. H. p. H. P.* welche nach der Voltaiſchen Theorie negativ ſeyn ſoll. Ich verſichere aber aufs feierlichſte, daſs, wenn *H* und *H* auch ganz gleichartig, z.B. Stücke einer Froſchleber waren, die Erſchütterung erfolgte, ſo lange die Organe noch ihre höchſte (nicht künſtlich erregte) Reizbarkeit hatten. Von den Verſuchen mit bloſs organiſch verbundenen Theilen, ohne Metall und Kohle, von den Erſcheinungen beim Zurückbeugen des Schenkels gegen den Iſchiadnerven ſagt Herr Volta

S. 126. „daſs ſie mit Unrecht ſo viel Aufſehen mach„ten. Sie beruhen ebenfalls auf der Wirkung dreier „verſchiedener Stoffe. Das Blut, der tendinöſe „Theil des m. gaſtrocnemius, und die Nerven ſpielten „die Hauptrolle dabei." Ich habe aber dieſen Verſuch glücken ſehen, wenn kein Blut am Iſchiadnerven ſichtbar war, und nicht der m. gaſtrocnemius, ſondern die fleiſchige, untendinöſe Lende den Contact machte. Hier ſchienen mir eben ſo gewiſs nur zwei Kettenglieder vorhanden, als bei den Verſuchen mit der ſpiegelhellen Fläche des trocknen Queckſilbers. Man iſt hier mit dem Streite über Heterogeneität zu einer Grenze der Feinheit gelangt, in der aller gründliche Streit aufhört. Im Muskelfleiſche ſind Muskelfaſern, Gefäſse und Zellſtoff, im Nerven iſt die Markſubſtanz, von dem zuſammengeſetzten von Herrn Reil ſo muſterhaft beſchriebenen Neurilema zu unterſcheiden. In der organiſchen Natur iſt bis zum kleinſten Atom alles ungleichartig. Der Phantaſie bleibt alſo hier ein weiter Spielraum geöfnet, und ich würde es nie unternehmen, gegen die Möglichkeit, daſs faſt alle galvaniſche Erſcheinungen auf eine Kette von mehr als drei Stoffen reduciret werden können, zu ſtreiten. Bloſse Möglichkeiten entſcheiden hier aber nicht, und ſeitdem mir der Verſuch, ohne alle kettenförmige Verbindung der Excitatoren (Fig. 9. meiner Tafeln) geglückt iſt, ein Verſuch, der jenem vortrefflichen Phyſiker noch unbekannt zu ſeyn ſcheint, ſeit dieſer Epoche hat die Vermuthung, daſs der Grund der groſsen Erſcheinung nicht in der

kettenförmigen Verbindung der Glieder allein liegen, an Wahrſcheinlichkeit unendlich gewonnen. Ich beſtreite Herrn Volta's Theorie, weil ich es für überaus wichtig halte, eine Unterſuchung nicht eher für beendigt, ein Problem nicht eher für gelöſet zu halten, als bis die Uebereinſtimmung aller Thatſachen erwieſen iſt. Welche Theorie aber auch die Oberhand gewinnen mag, ſo wird Herrn Volta immer das groſse Verdienſt bleiben, die Lehre vom Galvanismus mit den wichtigſten Entdeckungen bereichert, und dieſen Gegenſtand mit einem Scharfſinne angegriffen zu haben, welcher ihm die allgemeine Bewunderung ſeiner Zeitgenoſſen erregen muſs. Seine Briefe an Herrn Vaſſali haben uns auf eine neue elektriſche Thatſache, auf das Strömen der Elektricität aus ſchwach geladenen Körpern aufmerkſam gemacht. Dieſs Strömen hat er ſogar jetzt an Nicholſon's Duplicator (a. a. O. S. 128.) erwieſen. Bei der unmittelbaren Berührung von Zink und Silber entſteht eine Anhäufung der *E.* im Zinne auf Koſten des Silbers, eine Anhäufung, die der Duplicator angiebt, die aber „freilich ſehr gering, und „weit unter dem Puncte iſt, der nöthig wäre, ſich an „dem zarteſten Elektrometer durch Zeichen zu er„kennen zu geben." — Dieſes Minimum von Elektricität ſoll nun, als äuſserer Reiz, auf die Organe wirken, während die künſtlich durch Reiben erregte Elektricität, wenn ſie ſo ſtark iſt, daſs ſie das gemeinſte Elektrometer divergiren macht, in den Nerven geleitet, keine Spur von Muskularerſchütterung hervorbringt. So intereſſant demnach auch der

Beweis von dem Daſeyn jenes Minimums von Elektricität in den ſich berührenden Metallen iſt, ſo wenig darf man wohl (falls auch nicht andere Gründe dagegen ſtritten) nach logiſchen Regeln die galvaniſchen Erſcheinungen jener kleinen Urſache zuſchreiben. Dieſer Schluſs gewinnt noch dadurch an Stärke, daſs wenn die ungleichartigen Metalle ſich nicht unmittelbar berührten, ſondern durch feuchte Stoffe in Verbindung waren, oder wenn gar nur bloſse Leiter der zweiten Claſſe (thieriſche Theile) die Kette bildeten, der Duplicator (a. a. O. S. 134.) gar keine Elektricität angab. War demnach dieſelbe dennoch vorhanden, ſo muſs ſie ſo ſchwach ſeyn, daſs ſelbſt der Duplicator ſie nicht anzeigt, und dies 0,0000...01. von Elektricität ſoll die kräftigen Convulſionen hervorbringen, welche z. B. entſtehen, wenn ein Froſchnerv und ſein Muskel durch ein abgeſchnittenes Stück Nerv verbunden werden? —

Man hat gegen meinen Verſuch über die Wirkung der *E.* auſserhalb der Verbindungskette die Einwendung gemacht, ob nicht die Kette Ausſtrömungen und Stralenbüſchel veranlaſſe, welche den Froſchnerven afficiren? Ich habe deſshalb das Experiment ſogleich dergeſtalt wiederholt, daſs der Nerv nicht in der Nähe einer Kette, ſondern eines runden glatten Stabes lag, durch welchen ± *E* durchfuhr. Die Reizung des Froſchſchenkels blieb dieſelbe, und es iſt demnach gewiſs, daſs die Entladung der Kleiſtiſchen Flaſche eine Exploſion veranlaſst, welche auch auſserhalb der Verbindungskette Veränderungen hervorbringt.

Folgende Bücher sind bei Heinrich August Rottmann zu haben.

Anmerkungen (antiphlog.) der Herren Morveau, Lavosier etc. zu Kirvans Abhandlung über das Phlogiston, 8. 18 gr.

Anleitung, kurze, für die Wundärzte auf dem platten Lande, wie solche bei der Cur der innerlichen Krankheiten unter den Menschen verfahren sollen, 8. 8 gr.

Annulus Platonis, oder phys. chim. Erklärung der Natur, nach ihrer Entstehung, Erhaltung und Zerstörung, von einer Gesellschaft ächter Naturforscher aufs neue völlig umgearbeitet, und mit wichtigen Anmerkungen herausgegeben, gr. 8. mit Kupf. 1 thlr. 8 gr.

Buchholz (Samuel) Versuch einer Geschichte der Churmark Brandenburg, von der ersten Erscheinung der deutschen Seenonen, bis auf jetzige Zeiten, 6 Bände, gr. 4. 15 thlr.

Der 5te und 6te Band ist auch ohne die Urkunden unter den Titel gedruckt: Neueste Preussische Brandenburgische Geschichte, gr. 4. 1r und 2r Theil, 5 thlr. 4 gr.

Entwurf eines allgemeinen Gesetzbuchs für die Königl. Preuss. Staaten. gr. 8. 6 Abtheilungen complet, 6 thlr, 2 gr.

Fischer (F. C J.) über die Probenächte der deutschen Bauermädchen, 8. 8 gr,

Franklins (Benj.) Jugendjahre, von ihm selbst für seinen Sohn beschrieben, und übersetzt von Bürger, 8. 15 gr.

Geschichte Aramena, eine Syrische Geschichte ganz für unsere Zeiten umgearbeitet, von S. A 3 Theile, 2 thlr 12 gr.

— einiger Esel, oder Fortsetzung des Lebens und Meinungen John Bunkels, 3 Bände, 8. 2 thlr

Hertzberg (Hr. Graf v.) sämmtliche Abhandlungen, welche in der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin im Jahre 1780. bis 1791. vorgelesen, mit den sehr ähnlichen Portrait des Verfassers, von D. Berger, gr. 8. 2 thlr. 6 gr.

Humboldt, flora fribergensis prodromus, exhibens plantas quasdam cryptogamicas, praesertim subterraneas, cum icon. aeri. inc. 4. maj. 1 thl. 16 gr.

Jugels (J. G.) Physica subterranea, oder Bewegungskraft der elementischen Wirkungen, die auf uns in unserm mineralischen Erdboden verrichtet werden, nach einer 46 jährigen Naturforschung zusammen getragen, gr. 8. 1 thlr. 8 gr.

Krausens (G. L.) Kunst- und Lustgärtners, wie auch Mitgliedes der Gesellschaft der schönen Wissenschaften zu Budissin, 50 jähriger erfahrungsmässiger Unterricht von der Gärtnerey, gr. 8. 2 thlr.

Mensch, der, übersetzt aus dem A. der N. gr. 8. 1 thl.

Plutachs Biographien mit Anmerk. des Herrn G. B. von Schirach, compl. 8 Theile, Schreibpapier 12 thlr.

De Quincy, Auszug der Kriegsgeschichte Ludwig XIV. mit 14 Tabellen erläutert, und mit nöthigen Kupfern versehen. auf Befehl des Königs durch G. A. v. Clair übers. 2 Theile, gr. 4. 4 thlr.

Reden im Menschenton vom Verfasser der Menschenfreuden, 3 Theile, 1 thlr. 12 gr.

Schilderungen vortrefflicher Menschen, 8. 16 gr.

Tempel der Gerechtigkeit, eine moral. Gesch. 8. 2 Th. 1 thlr.

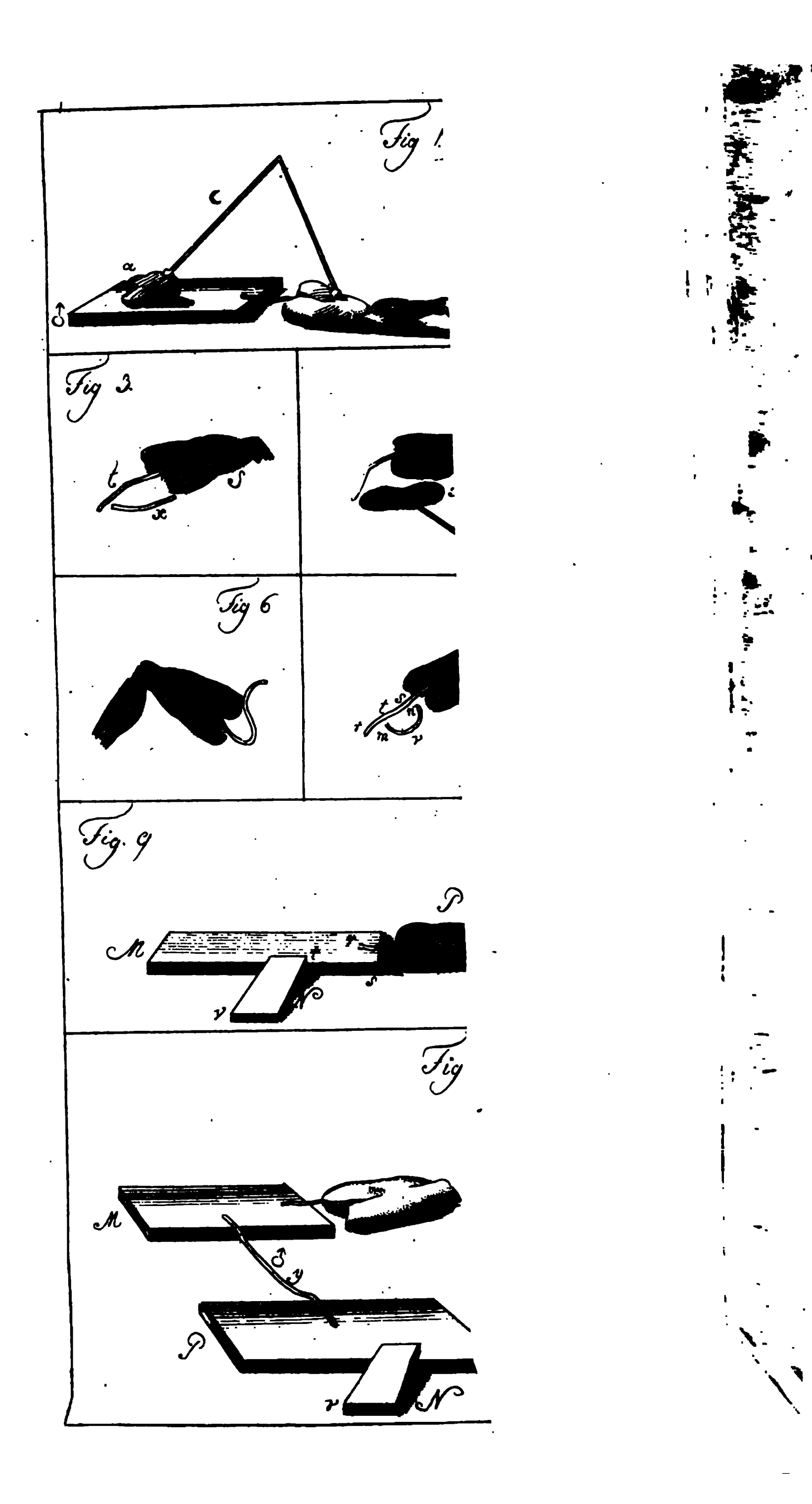


Fig 1.
Fig 3.
Fig 6
Fig. 9
Fig



